

**ГАОУ ВО «Дагестанский государственный  
университет народного хозяйства»**

*Утвержден решением  
Ученого совета ДГУНХ,  
протокол № 12  
от 30 мая 2022г.*

**Кафедра «Промышленное и гражданское строительство»**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ РАБОТ**

**МДК «МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ  
ИНЖЕНЕРНЫХ ЗАДАЧ»**

**СПЕЦИАЛЬНОСТЬ СПО 08.02.01 СТРОИТЕЛЬСТВО И  
ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ**

**УРОВЕНЬ ОБРАЗОВАНИЯ - СРЕДНЕЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ**

**Махачкала – 2022**

УДК 539.3/6  
ББК 22.213

**Составитель** - Хазамов Гаджи Омарович, старший преподаватель кафедры «Промышленное и гражданское строительство» ГАОУ ВО «ДГУНХ».

**Внутренний рецензент** - Акаев Абдулджафар Имамусейнович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Промышленное и гражданское строительство» ДГУНХ.

**Внешний рецензент** – Муселемов Хайрулла Магомедмурадович, кандидат технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Строительные конструкции и гидротехнические сооружения» Дагестанского государственного технического университета.

**Представитель работодателя** - Гунашев Назим Закирович, директор ООО ПСК "Строй-Дизайн".

Фонд оценочных средств по МДК «Математические методы решения инженерных задач» разработан в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования по специальности 08.02.01 Строительство и эксплуатация зданий и сооружений, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 10.01.2018 г., № 2, в соответствии с приказом от 14 июня 2013 г. №464 Министерства образования и науки РФ.

ФОС МДК «Математические методы решения инженерных задач» размещен на официальном сайте [www.dgunh.ru](http://www.dgunh.ru)

Хазамов Г.О. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по МДК «Математические методы решения инженерных задач» для специальности 08.02.01 – «Строительство и эксплуатация зданий и сооружений». – Махачкала: ДГУНХ, 2022.

Рекомендован к утверждению Учебно-методическим советом ДГУНХ 28 мая 2022г.

Рекомендован к утверждению руководителем образовательной программы СПО – программы подготовки специалистов среднего звена по специальности 08.02.01 Строительство и эксплуатация зданий и сооружений, Мирзоевой А.Р. 25 мая 2022г.

Одобен на заседании кафедры «Промышленное и гражданское строительство» 24 мая 2022 г., протокол № 12.

## Содержание

Назначение фонда оценочных средств	4
I Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы .....	5
1.1. Перечень формируемых компетенций .....	5
1.2. Компонентный состав компетенций .....	6
II Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания	12
2.1 Структура фонда оценочных средств для текущего контроля и промежуточной аттестации .....	12
2.2 Критерий оценивания компетенций на различных этапах их формирования по видам оценочных средств .....	15
III Типовые контрольные задания и иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы .....	21
3.1 Вопросы для проведения промежуточной аттестации по итогам освоения МДК «Математические методы решения инженерных задач» .....	21
3.2 Вопросы для проведения промежуточной аттестации по итогам освоения МДК «Математические методы решения инженерных задач» (экзамен) .....	24
3.3 Базовые тестовые задания для проведения текущего контроля освоения МДК, часть 1 – Статика сооружений .....	28
3.4 Базовые тестовые задания для проведения текущего контроля освоения МДК, часть 2 –Динамика сооружений .....	47
3.5 Задачи для практических занятий, домашнего задания и самостоятельной работы .....	100
3.6 Многовариантные задания без фиксации данных .....	156
3.7 Образцы контрольных работ (вариант) .....	182
IV Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы	186
V Список литературы .....	187
VI Интернет – ресурсы .....	189

## НАЗНАЧЕНИЕ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств (ФОС) создается в соответствии с требованиями ФГОС СПО для аттестации обучающихся на соответствие их учебных достижений поэтапным требованиям соответствующей Программой подготовки специалистов среднего звена (ППССЗ) для проведения входного и текущего оценивания, а также промежуточной аттестации обучающихся. ФОС является составной частью нормативно-методического обеспечения системы оценки качества освоения ППССЗ СПО, входит в состав ППССЗ.

Фонд оценочных средств – комплект методических материалов, нормирующих процедуры оценивания результатов обучения, т.е. установления соответствия учебных достижений запланированным результатам обучения и требованиям образовательных программ, рабочих программ дисциплин.

Фонд оценочных средств сформирован на основе ключевых принципов оценивания:

- валидности: объекты оценки должны соответствовать поставленным целям обучения;
- надежности: использование единообразных стандартов и критериев для оценивания достижений;
- объективности: разные студенты должны иметь равные возможности добиться успеха.

Основными параметрами и свойствами ФОС являются:

- предметная направленность (соответствие предмету изучения конкретной учебной дисциплины);
- содержание (состав и взаимосвязь структурных единиц, образующих содержание теоретической и практической составляющих учебной дисциплины);
- объем (количественный состав оценочных средств, входящих в ФОС); качество оценочных средств и ФОС в целом, обеспечивающее получение объективных и достоверных результатов при проведении контроля с различными целями.

Фонд оценочных средств разработан на основе рабочей программы междисциплинарного курса «**Математические методы решения инженерных задач**» и в соответствии с программой подготовки специалистов среднего звена по специальности «Строительство и эксплуатация зданий и сооружений».

Продление срока действия ФОС или изменения в нем принимаются на заседании кафедры с последующим утверждением вышестоящими структурами ДГУНХ

# I. ПЕРЕЧЕНЬ КОМПЕТЕНЦИЙ С УКАЗАНИЕМ ЭТАПОВ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ В ПРОЦЕССЕ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

## 1.1. ПЕРЕЧЕНЬ ФОРМИРУЕМЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ

Код компетенции	Формулировка компетенции
<b>ОК</b>	<b>ОБЩИЕ КОМПЕТЕНЦИИ</b>
<b>ОК-1</b>	понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес
<b>ОК-2</b>	организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество
<b>ОК-3</b>	принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность
<b>ОК-4</b>	осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития
<b>ОК-5</b>	использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности
<b>ОК-6</b>	работать в коллективе и в команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями
<b>ОК-7</b>	брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), за результат выполнения заданий
<b>ОК-8</b>	самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации
<b>ОК-9</b>	ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности
<b>ПК</b>	<b>ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ</b>
<i>а) Участие в проектировании зданий и сооружений:</i>	
<b>ПК-1.3</b>	выполнять несложные расчеты и конструирование строительных конструкций

## 1.2 КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ КОМПЕТЕНЦИЙ

Код и формулировка компетенции	Компонентный состав компетенции	
	знает:	умеет:
<p><b>ОК-1:</b> понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес</p>	<p><b>З1</b> - назначение основных элементов строительных сооружений: балок, ферм, рам;  <b>З2</b> - законы механики деформируемого твердого тела, принципы построения расчетных схем механических систем;  <b>З3</b> - особенности конструкций и методы расчета элементов сооружений на прочность, жесткость и устойчивость при различных видах нагружения;  <b>З4</b> - справочный аппарат по выбору материалов и нормативов, обеспечивающих работоспособность, надежность, долговечность конструкции.</p>	<p><b>У1</b> - определять вид механического взаимодействия тел и основные динамические характеристики этого взаимодействия;  <b>У2</b> - строить эпюры нормальных напряжений, изгибающих моментов и др.;  <b>У3</b> - пользоваться нормативной и технической документацией при технических расчетах.</p>
<p><b>ОК-2:</b> организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество</p>	<p><b>З2</b> - законы механики деформируемого твердого тела, принципы построения расчетных схем механических систем, виды деформаций, основные расчеты;  <b>З3</b> - особенности конструкций и методы расчета элементов сооружений на прочность, жесткость и устойчивость при различных видах нагружения; конструкции.</p>	<p><b>У4</b> - выполнять расчеты на прочность, жесткость и устойчивость элементов сооружений в том числе с использованием компьютерных программ;  <b>У3</b> - пользоваться нормативной и технической документацией при расчетах элементов сооружений.</p>

<p><b>ОК-3:</b> принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность</p>	<p><b>35</b> напряжения и деформации, возникающие в строительных элементах при работе под нагрузкой;  <b>33</b> - особенности конструкций и методы расчета элементов сооружений на прочность, жесткость и устойчивость при различных видах нагружения;</p>	<p><b>У4</b> - выполнять расчеты на прочность, жесткость и устойчивость элементов сооружений в том числе с использованием компьютерных программ;  <b>У3</b> - пользоваться нормативной и технической документацией при расчетах элементов сооружений.</p>
<p><b>ОК-4:</b> осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития</p>	<p><b>35</b> напряжения и деформации, возникающие в строительных элементах при работе под нагрузкой;  <b>33</b> - особенности конструкций и методы расчета элементов сооружений на прочность, жесткость и устойчивость при различных видах нагружения;  <b>34</b> - справочный аппарат по выбору материалов и нормативов, обеспечивающих работоспособность, надежность, долговечность конструкции.</p>	<p><b>У3</b> - пользоваться нормативной и технической документацией при расчетах элементов сооружений.</p>
<p><b>ОК-5:</b> использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности</p>	<p><b>33</b> - особенности конструкций и методы расчета элементов сооружений на прочность, жесткость и устойчивость при различных видах нагружения;  <b>36</b> – основные методы и средства обработки, передачи и накопления информации</p>	<p><b>У3</b> - пользоваться нормативной и технической документацией при расчетах элементов сооружений.  <b>У5</b> – пользоваться техническими средствами информационно – коммуникационных сетей, в том числе, Интернет - ресурсами</p>

<p><b>ОК-6:</b> работать в коллективе и в команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями</p>	<p><b>37</b> –основы психологии коллектива и индивидуума;  <b>33</b> - особенности конструкций и методы расчета элементов сооружений группой</p>	<p><b>У4</b> - выполнять расчеты на прочность, жесткость и устойчивость элементов сооружений в том числе с использованием компьютерных программ;  <b>У5</b> - пользоваться техническими средствами информационно – коммуникационных сетей, в том числе, Интернет - ресурсами</p>
<p><b>ОК-7:</b> брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), за результат выполнения заданий</p>	<p><b>33</b> - особенности конструкций и методы расчета элементов сооружений на прочность, жесткость и устойчивость при различных видах нагружения;  <b>34</b> - справочный аппарат по выбору материалов и нормативов, обеспечивающих работоспособность, надежность, долговечность конструкции.</p>	<p><b>У4</b> - выполнять расчеты на прочность, жесткость и устойчивость элементов сооружений в том числе с использованием компьютерных программ;  <b>У5</b> - пользоваться техническими средствами информационно – коммуникационных сетей, в том числе, Интернет - ресурсами</p>
<p><b>ОК-8:</b> самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации</p>	<p><b>32</b> - законы механики деформируемого твердого тела, принципы построения расчетных схем механических систем, виды деформаций, основные расчеты;  <b>33</b> - особенности конструкций и методы расчета элементов сооружений на прочность, жесткость и устойчивость при различных видах нагружения конструкции.</p>	<p><b>У3</b> - пользоваться нормативной и технической документацией при расчетах элементов сооружений.</p>



<p><b>ОК-9:</b> ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности</p>	<p><b>34</b> - справочный аппарат по выбору материалов и нормативов, обеспечивающих работоспособность, надежность, долговечность конструкции.</p>	<p><b>У5</b> - пользоваться нормативной и технической документацией при расчетах элементов сооружений.</p>
<p><b>ПК-1.3:</b> выполнять несложные расчеты и конструирование строительных конструкций.</p>	<p><b>31</b> - назначение основных элементов строительных сооружений: балок, ферм, рам;  <b>32</b> - законы механики деформируемого твердого тела, принципы построения расчетных схем механических систем;  <b>33</b> - особенности конструкций и методы расчета элементов сооружений на прочность, жесткость и устойчивость при различных видах нагружения;  <b>34</b> - справочный аппарат по выбору материалов и нормативов, обеспечивающих работоспособность, надежность, долговечность конструкции.  <b>35</b> напряжения и деформации, возникающие в строительных элементах при работе под нагрузкой;  <b>36</b> – основные методы и средства обработки, передачи и накопления информации</p>	<p><b>У1</b> - определять вид механического взаимодействия тел и основные динамические характеристики этого взаимодействия;  <b>У2</b> - строить эпюры нормальных напряжений, изгибающих моментов и др.;  <b>У3</b> - пользоваться нормативной и технической документацией при технических расчетах элементов сооружений.  <b>У4</b> - выполнять расчеты на прочность, жесткость и устойчивость элементов сооружений в том числе с использованием компьютерных программ;  <b>У5</b> - пользоваться нормативной и технической документацией при технических расчетах.  <b>У6</b> - пользоваться техническими средствами информационно – коммуникационных сетей, в том числе, Интернет - ресурсами</p>

### 1.3 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения дисциплины МДК «Математические методы решения инженерных задач».

		Этапы формирования компетенций				
Код компетенций	Тема 1.1. «Основные понятия статики сооружений. Кинематический анализ сооружений»	Тема 1.2. «Методы определения усилий в статически определимых системах (балка, рама)»	Тема 1.3. «Методы построения линий влияния различных силовых факторов.»	Тема 1.4. «Многопролетные статически определимые (шарнирные) балки»	Тема 1.5. «Трехшарнирные системы и их расчет»	
ОК 1	+	+	+	+	+	
ОК 2	+	+	+	+	+	
ОК 3	+	+	+	+	+	
ОК 4	+	+	+	+	+	
ОК 5	+	+	+	+	+	
ОК 9		+	+		+	
ПК 1.1		+	+	+		
ПК 1.2		+	+	+	+	

		Этапы формирования компетенций				
Код компетенций	Тема 2.1. «Метод сил»	Тема 2.2. «Применение метода сил к расчету статически неопределимых рам и неразрезных балок. СЛАУр, метод Гаусса»	Тема 2.3. «Метод перемещений. Определение табличных перемещений»	Тема 2.4. «Применение метода перемещений к расчету статически неопределимых стержневых систем»	Тема 3.1. «Общие сведения о динамике сооружений»	
ОК 1	+	+	+	+	+	
ОК 2	+	+	+	+	+	
ОК 3	+	+	+	+	+	
ОК 4	+	+	+	+	+	
ОК 5	+	+	+	+	+	
ОК 9		+		+		
ПК 1.1		+		+		
ПК 1.2		+		+		

	Этапы формирования компетенций				
Код компетенций	Тема 3.2. «Колебания систем с одной степенью свободы»	Тема 3.3. «Колебания системы с несколькими степенями свободы»	Тема 3.4. «Действие вибрационной нагрузки на балку с сосредоточенной массой»	Тема 3.5. «Расчет упругой невесомой балки с конечным числом сосредоточенных масс на вибрационную нагрузку»	Тема 4.1. «Динамический расчет однопролетных балок постоянного сечения с распределенной массой»
ОК 1	+	+	+	+	+
ОК 2	+	+	+	+	+
ОК 3	+	+	+	+	+
ОК 4	+	+	+	+	+
ОК 5	+	+	+	+	+
ОК 9		+	+	+	+
ПК 1.1			+		
ПК 1.2	+	+	+	+	+

	Этапы формирования компетенций				
Код компетенций	Тема 4.2. «Динамический расчет каркасного здания»	Тема 4.3. «Динамический расчет неразрезных балок»	Тема 4.4. «Явление удара. Ударное воздействие на элемент сооружения»	Тема 5.1. «Устойчивость сооружений»	Тема 5.2. «Устойчивость сжатых однопролетных стержней постоянного сечения»
ОК 1	+	+	+	+	+
ОК 2	+	+	+	+	+
ОК 3	+	+	+	+	+
ОК 4	+	+	+	+	+
ОК 5	+	+	+	+	+
ОК 9	+			+	
ПК 1.1	+	+			+
ПК 1.2	+	+	+		+

Код компетенций	Этапы формирования компетенций				
	Тема 5.3. «Устойчивость однопролетных стоек ступенчато переменного- переменного сечения»	Тема 5.4. «Устойчивость плоских рам»	Тема 5.5. «Понятие об устойчивости неразрезных балок, арок и ферм»		
ОК 1	+	+	+		
ОК 2	+	+	+		
ОК 3	+	+	+		
ОК 4	+	+	+		
ОК 5	+	+	+		
ОК 9	+	+			
ПК 1.1		+			
ПК 1.2	+	+			

## II. ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И КРИТЕРИЕВ ОЦЕНИВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ, ОПИСАНИЕ ШКАЛ ОЦЕНИВАНИЯ

### 2.1 Структура фонда оценочных средств для текущего контроля и промежуточной аттестации

№ п/п	контролируемые разделы, темы дисциплины	код контролируемой компетенции или ее части	планируемые результаты обучения (знать, уметь, владеть), характеризующие этапы формирования компетенций	Наименование оценочного средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Тема 1.1. «Основные понятия статики сооружений. Кинематический анализ сооружений»	ОК1, ОК2, ОК3, ОК4	31, 33, 35, 36 У1, У2, У4, У6, 38, 39, У7, У9 311, У11, 314, У14	Опрос, карточки, тест	
2	Тема 1.2. «Методы определения усилий в статически определимых системах (балка, рама)»	ОК1, ОК2, ОК3, ОК4	31, 33, 35, 36 У1, У2, У4, У6, 38, 39, У7, У9 311, У11, 314, У14	Опрос, карточки, тест	ДЗ№ 1
3	Тема 1.3. «Методы построения линий влияния различных силовых факторов.	ОК1, ОК2, ОК3, ОК4	31, 33, 35, 36 У1, У2, У4, У6, 38, 39, У7, У9 311, У11, 314,	Опрос, тест	ДЗ№2

4	Тема 1.4. «Многопролетные статически определимые (шарнирные) балки»	ОК2	37, 38, У7, У9	Опрос, тест	ДЗ №3
5	Тема 1.5. «Трехшарнирные системы и их расчет»	ОК1, ОК2, ОК3, ОК4	31, 33, 35, 36 У1, У2, У4, У6, 38, 39, У7, У9 311, У11, 314, У14	Опрос, тест	КР№1, Зачет
6	Тема 2.1. «Метод сил»	ОК2, ОК3	37, 38, У7, У9 311, У11	Опрос, тест	
7	Тема 2.2. «Применение метода сил к расчету статически неопределимых рам и неразрезных балок. СЛАУр, метод Гаусса»	ОК1, ОК2,	31, 33, 35, 36 У1, У2, У4, У6, 37, 38, У7, У9	Опрос, тест	ДЗ №4
8	Тема 2.3. «Метод перемещений. Определение табличных перемещений»	ОК1, ОК2, ОК3, ОК4	31, 33, 35, 36 У1, У2, У4, У6, 38, 39, У7, У9 311, У11, 314, У14	Опрос, тест	
9	Тема 2.4. «Применение метода перемещений к расчету статически неопределимых стержневых систем»	ОК1, ОК2, ОК3, ОК4	31, 33, 35, 36 У1, У2, У4, У6, 38, 39, У7, У9 311, У11, 314, У14	Опрос, тест	ДЗ №5
10	Тема 3.1. «Общие сведения о динамике сооружений»	ОК1, ОК2, ПК1.1, ПК1.2	31, 33, 35, 36 У1, У2, У4, У6, 314, 315, 316 У15, У16 317, 318, У17, У18, У19, У21	Опрос, тест	
11	Тема 3.2. «Колебания систем с одной степенью свободы»	ОК1, ОК2, ПК1.1, ПК1.2	31, 33, 35, 36 У1, У2, У4, У6, 314, 315, 316 У15, У16 317, 318, У17, У18, У19, У21	Опрос, тест	ДЗ№6,
12	Тема 3.3. «Колебания системы с несколькими степенями свободы»	ОК1, ОК2, ПК1.1, ПК1.2	31, 33, 35, 36 У1, У2, У4, У6, 314, 315, 316 У15, У16 317, 318, У17, У18, У19, У21	Опрос, тест	КР№2

13	Тема 3.4. «Действие вибрационной нагрузки на балку с сосредоточенной массой»	ОК1, ОК2, ПК1.1, ПК1.2	31, 33, 35, 36 У1, У2, У4, У6, 314, 315, 316 У15, У16 317, 318, У17, У18, У19, У21	Опрос, тест	
14	Тема 3.5. «Расчет упругой не- весомой балки с ко- нечным числом со- средоточенных масс на вибрационную нагрузку»	ОК1, ОК2, ПК1.1, ПК1.2	31, 33, 35, 36 У1, У2, У4, У6, 314, 315, 316 У15, У16 317, 318, У17, У18, У19, У21	Опрос, тест	
15	Тема 4.1. «Динамический рас- чет однопролетных балок постоянного сечения с распреде- ленной массой»	ОК1, ОК2, ПК1.1, ПК1.2	31, 33, 35, 36 У1, У2, У4, У6, 317, 318, У17, У18, У19, У21, У22	Опрос, тест	
16	Тема 4.2. «Динамический рас- чет каркасного зда- ния»	ОК1, ОК2, ПК1.1, ПК1.2	31, 33, 35, 36 У1, У2, У4, У6, 317, 318, У17, У18, У19, У21, У22	Опрос, тест	ДЗ№7
17	Тема 4.3. «Динами- ческий расчет нераз- резных балок»	ОК1, ОК2, ПК1.1, ПК1.2	31, 33, 35, 36 У1, У2, У4, У6, 317, 318, У17, У18, У19, У21, У22	Опрос,	
18	Тема 4.4. « Ударное воздействие на элемент сооруже- ния»	ОК1, ОК2, ПК1.1, ПК1.2	31, 33, 35, 36 У1, У2, У4, У6, 317, 318, У17, У18, У19, У21, У22	Опрос, тест	ДЗ №8 КР №3
19	Тема 5.1. «Устой- чивость сооруже- ний»	ОК1, ОК2, ПК1.1, ПК1.2	31, 33, 35, 36 У1, У2, У4, У6, 317, 318, У17, У18, У19, У21, У22	Опрос, тест	
20	Тема 5.2. «Устойчивость сжа- тых однопролетных стержней постоянно- го сечения»	ОК1, ОК2, ПК1.1, ПК1.2	31, 33, 35, 36 У1, У2, У4, У6, 317, 318, У17, У18, У19, У21, У22	Опрос	
21	Тема 5.3. «Устойчивость од- нопролетных стоек ступенчато перемен- ного- переменного сечения»	ОК1, ОК2, ПК1.1, ПК1.2	31, 33, 35, 36 У1, У2, У4, У6, 317, 318, У17, У18, У19, У21, У22	Опрос	

22	Тема 5.4. «Устойчивость плоских рам»	ОК1, ОК2	31, 33, 35, 36 У1, У2, У4, У6, 317, 318, У17, У18, У19, У21, У22	Опрос	
23	Тема 5.5. «Понятие об устойчивости неразрезных балок, арок и ферм»	ОК1, ОК2, ПК1.1, ПК1.2	31, 33, 35, 36 У1, У2, У4, У6, 317, 318, У17, У18, У19, У21, У22	Опрос	

На результаты оценивания тестирования влияют:

- При ответе на тестовый вопрос: правильность ответа или выбора ответа;
- При ответе на тестовую задачу: правильность выбора расчетной схемы, правильность выбора метода решения, правильность хода решения, правильность ответа или выбора ответа;
- Скорость прохождения теста,
- Наличие правильных ответов во всех проверяемых разделах (дидактических единицах) теста. При наличии менее 50% правильных ответов по любому разделу присваивается 0 баллов.

### **Г) КРИТЕРИИ И ШКАЛА ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ**

<b>№ п/п</b>	<b>Критерии оценивания</b>	<b>Количество баллов</b>	<b>Оценка/Зачет</b>
1	Полное верное решение. В рассуждениях и решении нет ошибок, задача решена рациональным способом. Получен правильный ответ. Ясно описан способ решения.	9-10	
2	Верное решение, но имеются небольшие недочеты, в целом не влияющие на решение, такие как небольшие логические пропуски, не связанные с основной идеей решения. Решение оформлено не вполне аккуратно.	7-8	
3	Решение в целом верное. В рассуждениях и решении нет существенных ошибок, но задача решена неоптимальным способом или допущено не более двух незначительных ошибок. В работе присутствуют арифметическая ошибка, механическая ошибка или описка	5-6	

	при переписывании выкладок или ответа, не исказившие содержание ответа.		
4	В решении нет ошибок, но допущена существенная ошибка в математических расчетах. При объяснении сложного механического явления указаны не все существенные факторы.	3-4	
5	Имеются существенные ошибки в решении. Рассчитанное значение искомой величины искажает содержание ответа. Доказаны вспомогательные утверждения, помогающие в решении задачи.	2-3	
6	Рассмотрены отдельные случаи при отсутствии решения. Отсутствует окончательный численный ответ (если он предусмотрен в задаче). Правильный ответ угадан, а выстроенное под него решение - безосновательно.	1	
7	Решение неверное или отсутствует.	0	

#### **Д) КРИТЕРИИ И ШКАЛА ОЦЕНИВАНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ (ЛБР)**

**Лабораторные работы не предусмотрены**

#### **Е) КРИТЕРИИ И ШКАЛА ОЦЕНИВАНИЯ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКИХ РАБОТ (РГР) и ДОМАШНЕГО ЗАДАНИЯ**

<b>№ п/п</b>	<b>Критерии оценивания</b>	<b>Количество баллов</b>	<b>Оценка</b>
1	Самостоятельно и правильно решена учебно-профессиональная задача в соответствии с выданным заданием. Решенные задачи, демонстрируют знания обучающегося методов расчета, умение применять их на практике. В заданном масштабе выполнены чертежи, правильно оформлен расчет каждой задачи. Основные пункты расчета содержат исчерпывающий и краткий комментарий. Соблюдены требования к оформлению РГР. Обучающийся отчетливо демонстрирует овладение первичными навыками решения профессиональной задачи, освоение методов ее расчета, с использованием профессиональных понятий.	9-10	
2	Самостоятельно и в основном правильно решена учебно-профессиональная задача в соответствии с	7-8	



	<p>выданным заданием. Решенные задачи, демонстрируют знания обучающегося методов расчета, умение применять их на практике.</p> <p>Основные пункты расчета содержат краткий комментарий, соответствующий теме расчета. В основном соблюдены требования к оформлению РГР.</p> <p>Однако, отмечается недостаточная последовательность и аргументированность изложения принятых решений.</p> <p>Обучающийся демонстрирует необходимое овладение первичными навыками решения профессиональной задачи, освоение методов ее расчета, с использованием профессиональных понятий.</p>		
3	<p>Самостоятельно, но с <i>небольшими неточностями</i> решена учебно-профессиональная задача в соответствии с выданным заданием. Решенные задачи, демонстрируют необходимые знания обучающегося методов расчета, умение применять их на практике, но работа оформлена не аккуратно, <i>масштаб</i> чертежей <i>не соблюдается</i>. Основные пункты расчета <i>не содержат краткий комментарий</i>, соответствующий теме расчета. Но в целом требования к оформлению задания соблюдены.</p> <p>Обучающийся демонстрирует минимально необходимое овладение первичными навыками решения профессиональной задачи.</p>	5-6	
4	<p>Обучающийся самостоятельно и с небольшими ошибками решил учебно-профессиональную задачу, в соответствии с выданным заданием, но неуверенно, непоследовательно и не аргументировано излагал свое решение.</p> <p>Решенные задачи, демонстрируют слабые знания обучающегося методов расчета, не достаточные умения применять их на практике. Работа оформлена не аккуратно, масштаб чертежей не соблюдается. Основные пункты расчета не содержат краткий комментарий. Требования к оформлению РГР соблюдены не полностью.</p> <p>Обучающийся демонстрирует слабое овладение первичными навыками решения профессиональной задачи, недостаточное освоение методов ее расчета.</p>	3-4	
5	<p>Обучающийся <i>неудовлетворительно</i> решил учебно-профессиональную задачу, в соответствии с вы-</p>	1-2	

	<p>данным заданием, так как <i>допустил существенные ошибки</i>. Демонстрирует плохие знания методов расчета, отсутствие достаточных умений применять их на практике.</p> <p>Работа выполнена неаккуратно, чертежи исполнены не в масштабе. Расчет не содержит комментариев. Нарушена последовательность расчета с нарушением требований к оформлению задания.</p> <p>Обучающийся демонстрирует неудовлетворительное владение первичными навыками решения профессиональной задачи, недостаточное освоение методов ее расчета.</p>		
6	<p>Обучающийся не сумел решить учебно-профессиональную задачу, представленное решение не соответствует выданному заданию.</p> <p>Демонстрирует отсутствие профессиональных понятий при ответах на вопросы, не владеет первичными навыками решения профессиональной задачи, не освоил методов ее расчета.</p>	0	

**РГР по дисциплине не предусмотрены**

### **Ж) КРИТЕРИИ И ШКАЛА ОЦЕНИВАНИЯ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ**

<b>№ п/п</b>	<b>Критерии оценивания</b>	<b>Количество баллов</b>	<b>Оценка</b>
1	Исключительные знания, абсолютное понимание сути рассматриваемых в КР вопросов и заданий, безукоризненное знание основных понятий и положений, логически и лексически грамотно изложенные, содержательные, аргументированные и исчерпывающие ответы на вопросы и решения задач	28-30	
2	Глубокие знания материала, отличное понимание сути рассматриваемых в КР вопросов и заданий, твердое знание основных понятий и положений по вопросам, структурированные, последовательные, полные, правильные ответы на вопросы и решения задач	25-27	
3	Глубокие знания материала, правильное понимание сути рассматриваемых в КР вопросов и заданий, знание основных понятий и положений, содержательные, полные и конкретные ответ на вопросы и	22-24	

	решения задач. Наличие несущественных или технических ошибок		
4	Твердые, достаточно полные знания, хорошее понимание сути рассматриваемых в КР вопросов и заданий, правильные ответы на вопросы, минимальное количество неточностей, небрежное оформление	19-21	
5	Твердые, но недостаточно полные знания, по сути верное понимание рассматриваемых в КР вопросов и заданий, в целом правильные ответы на вопросы и решения задач, наличие неточностей, небрежное оформление	16-18	
6	Общие знания, недостаточное понимание сути рассматриваемых в КР вопросов и заданий, наличие большого числа неточностей, небрежное оформление решения задач	12-14	
7	Относительные знания рассматриваемых в КР вопросов и заданий, наличие ошибок, небрежное оформление ответов на вопросы и решения задач	9-11	
8	Поверхностные знания рассматриваемых в КР вопросов и заданий, наличие грубых ошибок, отсутствие логики изложения материала вопроса и предлагаемого решения задач	6-8	
9	Непонимание сути рассматриваемых в КР вопросов и заданий, большое количество грубых ошибок, отсутствие логики изложения материала вопроса и предлагаемого решения задач	3-5	
10	Не дан ответ на поставленные в КР вопросы и неправильно решены задания	1-2	
11	Отсутствие ответа на поставленные в КР вопросы и задания, дан ответ на другие вопросы, приведено решение другой задачи, списывание в ходе выполнения работы, использование на рабочем месте технических средств, в том числе телефона для списывания ответов и решений, рассматриваемых в КР вопросов и задач	0	

### 3) КРИТЕРИИ И ШКАЛА ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПРИ ЭКЗАМЕНЕ / ЗАЧЕТЕ

Баллы	Оценка /зачет	Критерии оценивания
85 – 100	«отлично» / зачтено	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал различной литературы, правильно обосновывает принятое нестандартное решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач по формированию профессиональных компетенций.
75 - 84	«хорошо» / зачтено	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения, а также, имеет достаточно полное представление о значимости знаний по дисциплине.
51 – 74	«удовлетворительно» / зачтено	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает сложности при выполнении практических работ и затрудняется связать теорию вопроса с практикой.
менее 51	«неудовлетворительно» / не зачтено	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, неуверенно отвечает, допускает серьезные ошибки, не имеет представлений по методике выполнения практической работы. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по данной дисциплине.

### **III ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ИЛИ ИНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, НАВЫКОВ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ В ПРОЦЕССЕ ОСОВЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

#### **3.1 Вопросы для проведения промежуточной аттестации по итогам освоения МДК «Математические методы решения инженерных задач»**

1. Статика сооружений, ее задачи и методы.
2. Понятие о расчетной схеме сооружений. Различные типы систем и соответствующих им расчетных схем.
3. Принципы независимости действия сил и возможных перемещений и их использование в статике сооружений (строительной механике).
4. Понятие о геометрической неизменяемости сооружений. Неизменяемые, изменяемые и мгновенно-изменяемые системы.
5. Типы связей и опор, их статический и кинематический анализ.
6. Понятие о диске. Число степеней свободы и число лишних связей систем, образованных из дисков, и стержневых систем.
7. Аналитические условия неизменяемости систем. Кинематический (структурный) анализ систем.
8. Статический и кинематический признаки мгновенной изменяемости плоских систем.
9. Статически определимые и статически неопределимые системы. Степень статической неопределимости плоской системы.
10. Методы определения усилий от неподвижной нагрузки: метод сечений; кинематический метод; метод замены связей.
11. Образование и расчет на неподвижную нагрузку многопролетных статически определимых балок.
12. Виды подвижных нагрузок и особенности расчета сооружений на подвижную нагрузку.
13. Методы определения усилий от подвижной нагрузки: общий метод; метод линий влияния.
14. Линии влияния опорных реакций и внутренних усилий в простых балках.
15. Особенности построения линий влияния при узловой передаче нагрузки.
16. Определение усилий по линиям влияния.
17. Определение расчетного положения подвижной нагрузки по некоторым непрерывным линиям влияния. Свойство прямого участия линии влияния.
18. Построение линий влияния для многопролетных статически определимых балок.

19. Образование трехшарнирных систем. Типы трехшарнирных систем.
20. Определение опорных реакций и внутренних усилий в трехшарнирных системах.
21. Сопоставление балочных и трехшарнирных систем. Рациональная ось трехшарнирной арки при различных нагрузках.
22. Построение линий влияния опорных реакций трехшарнирных систем.
23. Построение линий влияния внутренних усилий в сечениях трехшарнирных систем.
24. Трехшарнирные арки и рамы без затяжки и с затяжкой.
25. Расчетные схемы плоских ферм при узловой нагрузке.
26. Классификация плоских ферм по различным признакам.
27. Образование плоских ферм и их кинематический анализ.
28. Способы определения усилий в стержнях фермы от неподвижной нагрузки.
29. Построение линий влияния опорных реакций ферм.
30. Статический метод построения линий влияния усилий в стержнях консольно-балочных ферм.
31. Понятие о расчете арокных ферм.
32. Сопоставление ферм с различным очертанием поясов и решетки. Понятие о рациональной схеме фермы.
33. Расчет комбинированных систем.
34. Понятие о вантовых фермах и способах их образования.
35. Расчет вантовых ферм на неподвижную нагрузку.
36. Перемещения и их обозначения.
37. Работа внешних и внутренних сил. Обобщенное выражение работы.
38. Действительная и возможная работа внешних сил.
39. Действительная и возможная работа внутренних сил.
40. Теорема о взаимности работ. Теорема о взаимности перемещений.
41. Теорема о взаимности реакций. Теорема о взаимности реакций и перемещений. Матричная форма расчета статически неопределимых систем по методу сил. Расчет на различные комбинации нагрузок.
42. Неразрезные балки. Типы неразрезных балок.
43. Основная система для расчета неразрезных балок по методу сил. Уравнения трех моментов.
44. Построение эпюр изгибающих моментов и поперечных сил неразрезной балки.
45. Расчет неразрезной балки на смещение опор.
46. Определение опорных моментов загруженного пролета.
47. Построение расчетных (оггибающих) эпюр изгибающих моментов неразрезной балки.
48. Статический метод построения линий влияния опорного момента и изгибающего момента в пролете.

49. Степень статической неопределимости плоских рам. Внутренняя и внешняя статическая неопределимость рам.
50. Расчет статически неопределимых рам методом сил. Основная система. Канонические уравнения.
51. Определение усилий в стержнях от постоянной нагрузки, эпюры внутренних усилий.
52. Типы статически неопределимых арок.
53. Расчет двухшарнирных арок с затяжкой и без затяжки на постоянную нагрузку.
54. Расчет бесшарнирных арок. Основная система и канонические уравнения.
55. Расчет бесшарнирных арок на постоянную нагрузку. Влияние обжатия оси арки.
56. Степень кинематической неопределимости плоской системы.
57. Метод перемещений: гипотезы и сущность метода.
58. Общий алгоритм расчета по методу перемещений при использовании гипотезы о не растяжимости стержней.
59. Основные неизвестные и основная система метода перемещений. Канонические уравнения.
60. Определение коэффициентов и свободных членов канонических уравнений.
61. Определение основных неизвестных и построение окончательной эпюры изгибающих моментов неразрезной балки.
62. Теоремы о взаимности реакции и реакций, и перемещений, и их использование при составлении уравнений и контроле решений.
63. Использование симметрии системы при расчете рам методом перемещений.
64. Комбинированный способ расчета статически неопределимых систем в форме метода сил.
65. Комбинированный способ расчета статически неопределимых систем в форме метода перемещений.
66. Комбинированный метод расчета симметричных систем.
67. Понятие о приближенных способах расчета рам.
68. Понятие о расчете пространственных рам по методу перемещений.
69. Общий метод определения перемещений. Формула Максвелла-Мора.

### **3.2. Вопросы для проведения промежуточной аттестации по итогам освоения междисциплинарного курса в 7 семестре (экзамен)**

1. Виды динамических нагрузок и их особенности.
2. Методы динамики сооружений.
3. Понятие о степенях свободы динамической системы. Различные виды колебаний.
4. Свободные колебания консервативных систем (при отсутствии сил сопротивления). Коэффициенты жёсткости, податливости. Амплитуда, период, фаза и частота колебаний. График колебаний.
5. Свободные колебания диссипативных систем. Дифференциальное уравнение колебаний с учётом сил сопротивления. Коэффициент затухания, декремент колебаний.
6. Вынужденные колебания при отсутствии сил сопротивлений. Дифференциальное уравнение вынужденных колебаний.
7. Явление биения. Явление резонанса. Условие и рекомендации при расчете сооружений на резонанс.
8. Вынужденные колебания при действии произвольной силы.
9. Расчетная схема сооружений.
10. Понятие о колебаниях сооружений: свободные и вынужденные колебания; продольные, поперечные, крутильные и изгибно-крутильные; затухающие и незатухающие колебания; линейные и нелинейные колебания.
11. Свободные колебания системы с двумя степенями свободы. Парциальные частоты, собственные частоты колебаний.
12. Вынужденные колебания системы с двумя степенями свободы с учетом линейно-вязкого сопротивления.
13. Приближенные методы определения собственных частот колебаний по вековому уравнению.
14. Свободные колебания балки с сосредоточенными массами.
15. Действие вибрационной нагрузки на балку с двумя сосредоточенными массами.
16. Расчет действия вибрационной нагрузки на рамы разложением на симметричные и кососимметричные формы колебаний.
17. Движение легкого груза по тяжелой балке постоянной жесткости.
18. Динамические коэффициенты по прогибам, изгибающим моментам и поперечным силам от подвижной нагрузки.
19. Построение динамической линии влияния для однопролетной балки.
20. Движение тяжелого груза по легкой балке.
21. Расчет статически неопределимых рам на вибрационную нагрузку по методу сил.
22. Расчет статически неопределимых рам на вибрационную нагрузку по методу перемещений.
23. Расчет неразрезных балок на динамическое воздействие по методу начальных параметров.
24. Расчет неразрезных балок на динамическое воздействие по методу сил.



25. Расчет неразрезных балок на динамическое воздействие по методу перемещений.
26. Уравнение продольных колебаний.
27. Метод Даламбера решения уравнения продольных колебаний.
28. Метод разделения переменных в уравнении продольных колебаний.
29. Определение амплитудной функции для различных способов закрепления стержня при ее продольных колебаниях.
30. Дифференциальное уравнение перемещений балки с учетом сил инерции. Определение решения поперечных колебаний в тригонометрической форме.
31. Функции Крылова и их использование для решения собственных колебаний балки.
32. Вынужденные колебания от вибрационной нагрузки. Учет сосредоточенных масс на брусе с распределенной массой.
33. Понятие о точном расчете ферм при динамическом воздействии.
34. Вынужденные колебания ферм при вибрационной нагрузке.
35. Приближенные методы определения частот свободных колебаний ферм: метод последовательных приближений, метод наложения масс.
36. Определение частот свободных колебаний фермы через эквивалентную балку.
37. Задачи устойчивости сооружений.
38. Потеря устойчивости формы равновесия в деформированном состоянии.
39. Признаки устойчивости равновесия консервативной системы. Виды потери устойчивости.
40. Примеры потери устойчивости элементов строительных конструкций.
41. Устойчивость упругого стержня на двух шарнирных опорах. Точное и приближенное решение задачи.
42. Критические силы для стержней постоянного сечения при различных закреплениях их концов.
43. Расчет сжатого стержня с эксцентриситетом на устойчивость.
44. Сжато-изогнутый стержень с начальным прогибом и его устойчивость.
45. Что понимается под запасом устойчивости?
46. Запишите формулу Эйлера с учетом условий закрепления стержня.
47. Почему в формулу Эйлера вводится минимальный момент инерции  $I_{\min}$ ?
48. Сформулируйте условие применимости формулы Эйлера.
49. По какой зависимости определяют критические напряжения в случае, если напряжения превышают предел пропорциональности?
50. Какие зоны имеет графическая зависимость критических напряжений от гибкости стержней?

51. Как находятся критические напряжения для стержней средней и малой гибкости?
52. Какой вид имеет график опасных напряжений для центрально-сжатых стержней?
53. Что выражает собой коэффициент продольного изгиба, от каких параметров он зависит и как используется при расчете стержней на устойчивость?
54. В чем заключается условие устойчивости сжатого стержня?
55. Что называют гибкостью стержня, какой смысл заложен в этом названии? Назовите категории стержней в зависимости от гибкости?
56. От каких параметров стержня зависит предельная гибкость?
57. Что такое приведенная длина стержня? От чего она зависит?
58. Напишите условие устойчивости. Чем отличается допускаемая сжимающая сила от критической?
59. Какие формы сечения более рациональны для гибких сжатых стержней?
60. Порядок расчёта сжатых стержней на устойчивость.
61. Какие эмпирические формулы используются, если гибкость стержня меньше предельной величины?
62. Когда применяется зависимость Ясинского?
63. Какие стержни называются стержнями большой, средней и малой гибкости?
64. Практический инженерный метод расчёта на устойчивость Ф. Ясинского.
65. Устойчивость стоек ступенчато – переменного сечения.
66. Устойчивость неразрезных балок по методу начальных параметров.
67. Устойчивость неразрезных балок по методу сил.
68. Устойчивость колец постоянного сечения при постоянной гидростатической нагрузке.
69. Устойчивость параболических арок при равномерной нагрузке.
70. Устойчивость тонкой и высокой балки прямоугольной сечения на двух опорах при чистом изгибе.
71. Устойчивость тонкой и высокой балки прямоугольной сечения на двух опорах при внецентренном сжатии.
72. Устойчивость двутавровых балок при чистом изгибе и при некоторых нагрузках.
73. Расчет строительных конструкций по методу предельных состояний.
74. Метод предельного равновесия. Работа сечения в пластической стадии. Пластические шарниры.
75. Статическая теорема о предельном равновесии.
76. Кинематическая теорема о предельном равновесии.
77. Расчет однопролетных балок по методу предельного равновесия. Решение прямой и обратной задач.
78. Расчет неразрезных балок по методу предельного равновесия.

79. Особенности расчета по методу предельного равновесия статически неопределимых арок, рам и ферм.
80. Виды потери устойчивости.
81. Основные критерии и методы исследования устойчивости сооружений.
82. Понятие об устойчивости пластины.
83. Понятие об устойчивости круглой пластины.
84. Устойчивость цилиндрической оболочки (резервуара)
85. Устойчивость статически неопределимой рамы.
86. Устойчивость арки, вантовых сооружений (понятия).

**3.3 Базовые тестовые задания для проведения текущего контроля освоения МДК.01.05 – «Математические методы решения инженерных задач(Статика и динамика сооружений) » в 6 семестре**

**Часть 1. СТАТИКА СООРУЖЕНИЙ.**

**1. Какие нагрузки рассматривают в статических задачах строительной механики?**

1. Нагрузки, не изменяющиеся во времени.
2. Нагрузки, изменяющиеся во времени.
3. Инерционные силы.
4. Сейсмические силы.
5. Импульсивные нагрузки.

**2. Какие зависимости используются в линейных задачах строительной механики?**

1. Линейная зависимость между напряжением и деформацией.
2. Нелинейная зависимость между напряжением и деформацией.
3. Линейная зависимость между напряжением и перемещением.
4. Нелинейная зависимость между напряжением и перемещением.
5. Линейная зависимость между деформацией и перемещением.

**3. Какие реакции возникают в шарнирно- подвижной опоре?**

1. Реактивная сила, направленная вдоль наложенной связи.
2. Реактивный момент.
3. Реактивные силы в трех направлениях.
4. Реактивная сила и реактивный момент.
5. Реактивные силы в трех направлениях и реактивный момент.

**4. Какие реакции возникают в шарнирно неподвижной опоре, находящейся в плоскости?**

1. Две реактивные силы, направленные вдоль наложенных связей.
2. Одна реактивная сила.
3. Одна реактивная сила и момент.
4. Три реактивные силы.
5. Две реактивные силы и момент.

**5. Какие реакции возникают в жесткой заделке, находящейся в плоскости?**

1. Две реактивные силы, направленные вдоль наложенных связей, и один момент.
2. Три реактивные силы и момент.
3. Одна реактивная сила и момент.
4. Одна реактивная сила и два момента.

**6. Какие реакции возникают в жесткой заделке, находящейся в пространстве?**

1. Три реактивные силы и три момента.

2. Две реактивные силы и три момента.
3. Три момента и две реактивные силы.
4. Три реактивные силы и два момента.
5. Две реактивные силы и два момента.

**7. Сколько связей в шарнирно подвижной опоре?**

1. Одна.
2. Две.
3. Три.
4. Четыре.
5. Пять.

**8. Сколько связей в шарнирно-неподвижной опоре, находящейся в плоскости?**

1. Две.
2. Одна.
3. Три.
4. Четыре.

**9. Сколько связей в заделке, находящейся в плоскости?**

1. Три.
2. Две.
3. Одна.
4. Четыре.

**10. Какие системы относятся к одномерным?**

1. Балки.
2. Плиты.
3. Оболочки покрытия.
4. Фундаментные плиты.
5. Балки - стенки

**11. Какие системы относятся к распорным?**

1. Трехшарнирной арка.
2. Балка однопролетная.
3. Криволинейный стержень.
4. Многопролетная балка.
5. Плоская рама.

**12. Какие системы относятся к распорным?**

1. Двухшарнирная арка.
2. Балка однопролетная.
3. Криволинейный стержень.

4. Многопролетная балка.
5. Плоская рама.

**13. Какие системы относятся к распорным?**

1. Бесшарнирная арка.
2. Балка однопролетная.
3. Криволинейный стержень.
4. Многопролетная балка.
5. Плоская рама.

**14. Какие системы относятся к двумерным?**

1. Плиты.
2. Балки.
3. Плоские фермы.
4. Плоские рамы.
5. Двух шарнирная арка.

**15. Какие системы относятся к распорным?**

1. Трехшарнирная рама.
2. Балка однопролетная.
3. Криволинейный стержень.
4. Многопролетная балка.
5. Консольная балка.

**16. Какие усилия возникают в многопролетной шарнирной балке?**

1. Изгибающий момент и поперечные силы.
2. Продольные и поперечные силы.
3. Продольные силы и изгибающий момент.
4. Только изгибающий момент.
5. Только поперечные силы.

**17. Что представляет собой поэтажная схема в шарнирной балке?**

1. Схему передачи нагрузки.
2. Схему передачи перемещений.
3. Схему передачи реакций.
4. Схему передачи деформаций.
5. Схему передачи внутренних усилий.

**18. Что представляет график – линия влияния внутреннего усилия?**

1. График изменения внутреннего усилия в определенном сечении в зависимости от положения единичной движущейся силы.

2. График изменения внутреннего усилия в определенном сечении в зависимости от положения двух единичных движущихся сил.
3. График изменения внутреннего усилия в определенном сечении в зависимости от изменения геометрических характеристик сечений.
4. График изменения внутреннего усилия в определенном сечении в зависимости от положения распределенной движущейся нагрузки.
5. График изменения внутреннего усилия в зависимости от положения единичной движущейся силы.

### **19. Что представляют ординаты линии влияния внутреннего усилия?**

1. Значение внутреннего усилия в зависимости от координаты единичной движущейся силы.
2. Значение внутреннего усилия в зависимости от положения двух единичных движущихся сил.
3. Значение внутреннего усилия в зависимости от положения распределенной нагрузки.
4. Значение внутреннего усилия в зависимости от геометрических характеристик сечений.
5. Значение внутреннего усилия в зависимости от физических характеристик сечений.

### **20. Что представляет график – линия влияния реакции $R_k$ ?**

1. График изменения реакции  $R_k$  в зависимости от положения единичной движущейся силы.
2. График изменения реакции  $R_k$  в зависимости от положения двух единичных движущихся сил.
3. График изменения реакции  $R_k$  в зависимости от изменения геометрических характеристик сечений.
4. График изменения реакции  $R_k$  в зависимости от положения распределенной движущейся нагрузки.
5. График изменения реакции  $R_k$  в зависимости от изменения физических характеристик сечения.

### **21. Какие деформации возникают в стержнях плоской фермы при узловой нагрузке?**

1. Растяжение – сжатие.
2. Изгиб.
3. Сдвиг.
4. Изгиб в двух плоскостях.
5. Изгиб с кручением.

### **22. Какие усилия возникают в стержнях плоской фермы при узловой нагрузке?**

1. Продольные силы.

2. Изгибающие моменты.
3. Поперечные силы.
4. Продольные силы и изгибающий момент.
5. Продольные и поперечные силы.

**23. По какому закону изменяется изгибающий момент в балке при равномерно распределенной нагрузке?**

1. По квадратичному закону.
2. По линейному закону.
3. По закону кубической параболы.
4. По синусоидальному закону.
5. По биквадратному закону.

**24. По какому закону изменяется поперечная сила в балке при равномерно распределенной нагрузке?**

1. По линейному закону.
2. По квадратичному закону.
3. По закону кубической параболы.
4. По синусоидальному закону.
5. По биквадратному закону.

**25. По какой формуле можно определить степень свободы плоской системы  $W$ , если  $D$  - число дисков,  $Ш$  – количество простых шарниров,  $C_0$  – количество опорных связей?**

1.  $W=3D - 2Ш - C_0$ .
2.  $W= - (3D - 2Ш - C_0)$ .
3.  $W=3K-Ш$ .
4.  $W=n_y + n_d$ .
5.  $W= - (2Y - C - C_0)$ .

**26. По какой формуле можно определить степень статической неопределимости для плоской системы  $n$ , если  $D$  - число дисков,  $Ш$  – количество простых шарниров,  $C_0$  – количество опорных связей?**

1.  $n= - (3D - 2Ш - C_0)$ .
2.  $n= (3D - 2Ш - C_0)$ .
3.  $n= - (3K-Ш)$ .
4.  $n=n_y + n_d$ .
5.  $n= (2Y - C - C_0)$ .

**27. По какой формуле можно определить степень статической неопределимости для плоской фермы  $W$ , если  $D$  - число дисков,  $Ш$  – количество простых шарниров,  $C_0$  – количество опорных связей?**

1.  $n= - (2Y - C - C_0)$ .
2.  $n= (3D - 2Ш - C_0)$ .



3.  $n=3K-Ш$ .
4.  $n=n_y + n_d$ .
5.  $n = -(3K-Ш)$ .

**28. Степень статической неопределимости для плоской рамы можно определить по формуле  $n=3K-Ш$ . Что означает величина Ш?**

- А. Количество простых шарниров в замкнутых контурах.
- Б. Количество опорных шарниров.
- В. Количество кратных шарниров.
- Г. Количество связей в системе.
- Д. Количество замкнутых контуров.

**29. Какие усилия возникают в статически определимой плоской раме от поперечной нагрузки?**

- А. Продольные, поперечные силы и изгибающий момент.
- Б. Поперечные силы и изгибающий момент.
- В. Продольные силы и изгибающий момент.
- Г. Продольные и сдвигающие усилия.
- Д. Поперечные и сдвигающие усилия.

**30. Какие усилия возникают в трехшарнирной арке?**

- А. Продольные, поперечные силы и изгибающий момент.
- Б. Поперечные силы и изгибающий момент.
- В. Продольные силы и изгибающий момент.
- Г. Продольные и сдвигающие усилия.
- Д. Поперечные и сдвигающие усилия.

**31. Какие уравнения используются при решении статически определимых задач строительной механики?**

- А. Уравнения равновесия.
- Б. Уравнения совместности деформаций.
- В. Кинематические уравнения.
- Г. Уравнения равновесия совместно с кинематическими уравнениями.
- Д. Геометрические уравнения.

**32. Какой вид имеет линия влияния опорной реакции в однопролетной шарнирно опертой балке?**

- А. Прямая линия с ординатой равной 1 в одной опоре и ординатой равной нулю в другой опоре.
- Б. Парабола с нулевыми ординатами в двух опорах.
- В. Линия с ординатами равными единице в двух опорах.
- Г. Парабола с ординатой равной 1 в одной опоре и ординатой равной нулю в другой опоре.
- Д. Парабола с ординатами равными единице в двух опорах.

**33. Какой вид имеет линия влияния вертикальной опорной реакции в консольной балке?**

- А. Параллельная оси линия с ординатой, равной единице.
- Б. Линия с ординатой равной 1 в заделке и нулем на свободном конце.
- В. Парабола с нулевыми ординатами по концам.
- Г. Парабола с ординатой равной 1 в заделке и ординатой равной нулю на свободном конце.
- Д. Парабола с ординатами равными единице на двух концах.

**34. Какой вид имеет линия влияния момента в произвольном сечении простой балки?**

- А. Две пересекающиеся прямые линии в сечении, где определяется момент. Каждая из линий в опорах имеет ординаты равные нулю.
- Б. Две пересекающиеся линии в сечении, где определяется момент. Каждая из линий в опорах имеет ненулевые ординаты.
- В. Две непересекающиеся линии, каждая из которых имеет нулевые ординаты в опорах.
- Г. Две непересекающиеся линии, каждая из которых имеет ненулевые ординаты в опорах.
- Д. Две пересекающиеся линии в сечении, где определяется момент. Одна из них имеет ординату в опоре равную нулю, другая линия имеет в опоре ненулевую ординату.

**35. Какие системы относятся к статически-определимым?**

- А. Геометрически неизменяемые, в которых нет лишних связей.
- Б. Геометрически неизменяемые системы, в которых имеются лишние связи.
- В. Геометрически изменяемые системы.
- Г. Мгновенно изменяемые системы.
- Д. Механизмы или кинематическая цепь.

**36. Какие фермы называются балочными?**

- А. Опоры по краям пролета.
- Б. Одна опора по левому краю, вторая сдвинута относительно правого края.
- В. Левый край защемлен.
- Г. Правый край защемлен.
- Д. Два края свободные.

**37. На чем основаны статические методы определения усилий в статически определимой ферме?**

- А. На уравнениях равновесия.
- Б. На геометрических уравнениях.
- В. На уравнениях совместности деформаций.
- Г. На физических уравнениях.

Д. На графических методах.

**38. Какой вид имеет линия влияния поперечной силы в произвольном сечении шарнирно опертой балки?**

А. Две знакопеременные прямые линии, каждая из которых имеет ординату в опоре равную нулю. В сечении, где определяется поперечная сила, величина скачка равна единице.

Б. Две пересекающиеся линии в сечении, где определяется поперечная сила, каждая из них в опорах имеет ненулевые ординаты.

В. Две пересекающиеся в пролете линии, каждая из которых имеет нулевые ординаты в опорах и скачок, равный единице.

Г. Две непересекающиеся линии, каждая из которых имеет ненулевые ординаты в опорах и скачок, равный единице.

Д. Две пересекающиеся линии в сечении, где определяется поперечная сила, одна из них имеет ординату в опоре равную нулю, другая линия имеет в опоре ненулевую ординату оси.

**39. Какой график имеет линия влияния изгибающего момента на участке при узловой передаче нагрузки?**

А. Прямая линия, соединяющая крайние ординаты.

Б. Парабола, соединяющая крайние ординаты.

В. Нулевая линия.

Г. Две пересекающиеся линии.

Д. Линия, параллельная оси.

**40. Эпюра поперечных сил в статически определимой шарнирной балке строится по поэтажной схеме. С какой балки необходимо начинать расчет?**

А. С верхней балки.

Б. С нижней балки.

В. С анкерной балки.

Г. С крайней левой балки.

Д. С крайней правой балки.

**41. Линию влияния поперечной силы в статически определимой шарнирной балке строят по поэтажной схеме. С какой балки необходимо начинать построение?**

А. С той балки, где находится интересующее сечение.

Б. С главной балки.

В. С верхней балки.

Г. С крайней левой балки.

Д. С крайней правой балки.

**42. Линия влияния изгибающих моментов в статически определимой шарнирной балке строится по поэтажной схеме. С какой балки необходимо начинать расчет?**

- А. С той балки, где находится интересующее сечение.
- Б. С верхней балки.
- В. С нижней балки.
- Г. С крайней левой балки.
- Д. С крайней правой балки.

**43. Каким методом в плоской ферме с параллельными поясами наиболее рационально определять усилия в раскосах?**

- А. Метод проекций.
- Б. Метод моментной точки.
- В. Метод вырезания узлов.
- Г. Метод замены стержней.
- Д. Графический метод.

**44. Каким методом в плоской ферме с параллельными поясами наиболее рационально определять усилия в элементах нижнего и верхнего пояса?**

- А. Метод моментной точки.
- Б. Метод проекций.
- В. Метод вырезания узлов.
- Г. Метод замены стержней.
- Д. Графический метод.

**45. Основное назначение шпренгелей**

- А. Уменьшение веса проезжей части моста.
- Б. Уменьшение высоты стоек.
- В. Увеличение высоты стоек.
- Г. Увеличение усилий в поясах.
- Д. Увеличение веса проезжей части моста.

**46. На какую нагрузку работают элементы шпренгеля?**

- А. На местную нагрузку.
- Б. На узловую нагрузку основной фермы.
- В. На нагрузку, приложенную к верхнему поясу.
- Г. На нагрузку, приложенную к нижнему поясу.
- Д. На нагрузки, приложенные к основным узлам верхнего и нижнего пояса.

**47. От заданной неподвижной нагрузки поперечную силу в шарнирной балке можно определять по формуле:  $Q = \sum_1^M P_i y_i + \sum_1^N q_i \omega_i$ . Что означает в правой части величина  $y_i$ ?**

- А. Ординату в линии влияния  $Q$  под сосредоточенной силой  $P_i$ .

- Б. Ординату в эпюре Q под сосредоточенной силой  $P_i$ .
- В. Площадь линии влияния под  $q_i$ .
- Г. Ординату в линии влияния M под сосредоточенной силой  $P_i$ .
- Б. Ординату в эпюре M под сосредоточенной силой  $P_i$ .

**48. От заданной неподвижной нагрузки изгибающий момент в шарнирной балке можно определять по формуле:  $M = \sum_1^M P_i y_i + \sum_1^N q_i \omega_i$ . Что означа-**

**чает в правой части величина  $y_i$  ?**

- А. Ординату в линии влияния M под сосредоточенной силой  $P_i$ .
- Б. Ординату в эпюре M под сосредоточенной силой  $P_i$ .
- В. Площадь линии влияния под  $q_i$ .
- Г. Ординату в линии влияния Q под сосредоточенной силой  $P_i$ .
- Б. Ординату в эпюре Q под сосредоточенной силой  $P_i$ .

**49. От заданной неподвижной нагрузки поперечную силу в шарнирной балке можно определять по формуле:  $Q = \sum_1^M P_i y_i + \sum_1^N q_i \omega_i$ . Что означает в**

**правой части величина  $\omega_i$  ?**

- А. Площадь линии влияния Q под  $q_i$ .
- А. Ординату в линии влияния Q под сосредоточенной силой  $P_i$ .
- Б. Ординату в эпюре Q под сосредоточенной силой  $P_i$ .
- В. Площадь линии влияния M под  $q_i$ .
- Г. Ординату в линии влияния M под сосредоточенной силой  $P_i$ .
- Б. Ординату в эпюре M под сосредоточенной силой  $P_i$ .

**50. От заданной неподвижной нагрузки изгибающий момент в шарнирной балке можно определять по формуле:  $M = \sum_1^M P_i y_i + \sum_1^N q_i \omega_i$ . Что означа-**

**ет в правой части величина  $\omega_i$ ?**

- А. Площадь линии влияния M под  $q_i$ .
- Б. Ординату в линии влияния M под сосредоточенной силой  $P_i$ .
- В. Ординату в эпюре M под сосредоточенной силой  $P_i$ .
- Г. Ординату в линии влияния Q под сосредоточенной силой  $P_i$ .

**51. От заданной неподвижной нагрузки изгибающий момент в трехшарнирной арке можно определять по формуле:  $M = \sum_1^M P_i y_i + \sum_1^N q_i \omega_i$ . Что**

**означает в правой части величина  $\omega_i$ ?**

- А. Площадь линии влияния M под  $q_i$ .
- Б. Ординату в линии влияния M под сосредоточенной силой  $P_i$ .
- В. Ординату в эпюре M под сосредоточенной силой  $P_i$ .
- Г. Ординату в линии влияния Q под сосредоточенной силой  $P_i$ .
- Б. Ординату в эпюре Q под сосредоточенной силой  $P_i$ .

**52. От заданной неподвижной нагрузки продольная сила в трехшарнирной арке определяется по формуле:  $N = \sum_1^M P_i y_i + \sum_1^N q_i \omega_i$ . Что означает в**

**правой части величина  $y_i$  ?**

- А. Ординату в линии влияния  $N$  под сосредоточенной силой  $P_i$  .
- Б. Ординату в эпюре  $N$  под сосредоточенной силой  $P_i$  .
- В. Площадь линии влияния под  $q_i$  .
- Г. Ординату в линии влияния  $R$  под сосредоточенной силой  $P_i$  .
- Б. Координату точки, где приложена сила  $P_i$  .

**53. От заданной неподвижной нагрузки продольная сила в трехшарнирной арке определяется по формуле:  $N = \sum_1^M P_i y_i + \sum_1^N q_i \omega_i$ . Что означает в**

**правой части величина  $\omega_i$ ?**

- А. Площадь линии влияния  $N$  под  $q_i$ .
- Б. Ординату в линии влияния  $N$  под сосредоточенной силой  $P_i$  .
- В. Ординату в эпюре  $N$  под сосредоточенной силой  $P_i$  .
- Г. Ординату в линии влияния  $R$  под сосредоточенной силой  $P_i$  .
- Б. Координату точки, где приложена сила  $P_i$  .

**54. Потенциальная энергия деформации упругой системы определяется по следующей формуле:  $U = \sum \int \frac{M^2 dx}{2EI} + \sum \int \frac{N^2 dx}{2EA} + \sum \int \frac{Q^2 dx}{2GA} \eta$ . Какой вид деформации описывает первая сумма в левой части?**

- А. Изгиб.
- Б. Растяжение.
- В. Сжатие.
- Г. Сдвиг.
- Д. Кручение.

**55. Потенциальная энергия деформации упругой системы определяется по следующей формуле:  $U = \sum \int \frac{M^2 dx}{2EI} + \sum \int \frac{N^2 dx}{2EA} + \sum \int \frac{Q^2 dx}{2GA} \eta$ . Какой вид деформации описывает вторая сумма в левой части?**

- А. Растяжение – сжатие.
- Б. Изгиб.
- В. Растяжение и изгиб.
- Г. Сдвиг.
- Д. Кручение.

**56. Потенциальная энергия деформации упругой системы определяется по следующей формуле:  $U = \sum \int \frac{M^2 dx}{2EI} + \sum \int \frac{N^2 dx}{2EA} + \sum \int \frac{Q^2 dx}{2GA} \eta$ . Какой вид деформации описывает третья сумма в левой части?**

- А. Сдвиг.
- Б. Изгиб.
- В. Растяжение.
- Г. Сжатие.
- Д. Кручение.

**57. Теорема о взаимности перемещений дает равенство единичных перемещений для каких систем?**

- А. Упругих.
- Б. Неупругих.
- В. Пластических.
- Г. Геометрически нелинейных.
- Д. Физически нелинейных.

**58. Как обозначается жесткость на изгиб?**

- А. EI.
- Б. EA.
- В. GA.
- Г.  $GI_p$ .
- Д.  $GI_{кр}$ .

**59. Как обозначается жесткость на растяжение - сжатие?**

- А. EA.
- Б. EI.
- В. GA.
- Г.  $GI_p$ .
- Д.  $GI_{кр}$ .

**60. Как обозначается жесткость при сдвиге?**

- А. GA.
- Б. EI.
- В. EA.
- Г.  $GI_p$ .
- Д.  $GI_{кр}$ .

**61. Перемещения в упругой системе можно определять по следующей формуле:  $\Delta_{kf} = \sum \int \frac{\bar{M}_k M_f dx}{EI} + \sum \int \frac{\bar{N}_k N_f dx}{EA} + \eta \sum \int \frac{\bar{Q}_k Q_f dx}{GA}$ . Перемещения от каких деформаций выражает первая сумма?**

- А. От изгиба.

- Б. От растяжения.
- В. От сжатия с изгибом
- Г. От сдвига.
- Д. От кручения.

**62. Перемещения в упругой системе можно определять по следующей формуле:  $\Delta_{kf} = \sum \int \frac{\bar{M}_k M_f dx}{EI} + \sum \int \frac{\bar{N}_k N_f dx}{EA} + \eta \sum \int \frac{\bar{Q}_k Q_f dx}{GA}$ . Перемещения от каких деформаций выражает третья сумма?**

- А. От сдвига.
- Б. От растяжения – сжатия.
- В. От изгиба.
- Г. От растяжения с изгибом .
- Д. От кручения.

**63. Перемещения в упругой системе можно определять по следующей формуле:  $\Delta_{kf} = \sum \int \frac{\bar{M}_k M_f dx}{EI} + \sum \int \frac{\bar{N}_k N_f dx}{EA} + \eta \sum \int \frac{\bar{Q}_k Q_f dx}{GA}$ . Перемещения от каких деформаций выражает вторая сумма?**

- А. От растяжения - сжатия .
- Б. От сдвига.
- В. От изгиба.
- Г. От растяжения с изгибом .
- Д. От кручения.

**64. Перемещения в упругой системе можно определять по следующей формуле:  $\Delta_{kf} = \sum \int \frac{\bar{M}_k M_f dx}{EI} + \sum \int \frac{\bar{N}_k N_f dx}{EA} + \eta \sum \int \frac{\bar{Q}_k Q_f dx}{GA}$ . Что означает величина  $\bar{M}_k$  в числителе первой суммы?**

- А. Изгибающий момент от единичного усилия, приложенного в интересующем направлении k .
- Б. Изгибающий момент от заданной внешней нагрузки в сечении k.
- В. Изгибающий момент от единичного усилия и внешней нагрузки в сечении k.
- Г. Изгибающий момент от сосредоточенных сил в сечении k.
- Д. Изгибающий момент от распределенных сил в сечении k.

**65. Перемещения в упругой системе можно определять по следующей формуле:  $\Delta_{kf} = \sum \int \frac{\bar{M}_k M_f dx}{EI} + \sum \int \frac{\bar{N}_k N_f dx}{EA} + \eta \sum \int \frac{\bar{Q}_k Q_f dx}{GA}$ . Что означает величина  $M_f$  в правой части первой суммы?**

- А. Изгибающий момент от заданной внешней нагрузки.
- Б. Изгибающий момент от единичного усилия, приложенного в интересующем направлении k .



- В. Изгибающий момент от единичного усилия и внешней нагрузки.
- Г. Изгибающий момент от сосредоточенных сил.
- Д. Изгибающий момент от распределенных сил .

**66. Перемещения в упругой системе можно определять по следующей формуле:**  $\Delta_{kf} = \sum \int \frac{\bar{M}_k M_f dx}{EI} + \sum \int \frac{\bar{N}_k N_f dx}{EA} + \eta \sum \int \frac{\bar{Q}_k Q_f dx}{GA}$ . **Что означает величина  $\bar{N}_k$  в числителе второй суммы?**

- А. Продольную силу от единичного усилия, приложенного в интересующем направлении к .
- Б. Продольную силу от заданной внешней нагрузки в сечении к.
- В. Продольную силу от единичного усилия и внешней нагрузки.
- Г. Продольную силу от сосредоточенных сил в сечении к.
- Д. Продольную силу от распределенных сил в сечении к.

**67. Перемещения в упругой системе можно определять по следующей формуле:**  $\Delta_{kf} = \sum \int \frac{\bar{M}_k M_f dx}{EI} + \sum \int \frac{\bar{N}_k N_f dx}{EA} + \eta \sum \int \frac{\bar{Q}_k Q_f dx}{GA}$ . **Что означает величина  $N_f$  в числителе второй суммы?**

- А. Продольную силу от заданной внешней нагрузки.
- Б. Продольную силу от единичного усилия, приложенного в интересующем направлении к .
- В. Продольную силу от единичного усилия и внешней нагрузки.
- Г. Продольную силу от сосредоточенных сил.
- Д. Продольную силу от распределенных сил.

**68. Перемещения в упругой системе можно определять по следующей формуле:**  $\Delta_{kf} = \sum \int \frac{\bar{M}_k M_f dx}{EI} + \sum \int \frac{\bar{N}_k N_f dx}{EA} + \eta \sum \int \frac{\bar{Q}_k Q_f dx}{GA}$ . **Что означает величина  $\bar{Q}_k$  в числителе третьей суммы?**

- А. Поперечную силу от единичного усилия, приложенного в интересующем направлении к.
- Б. Поперечную силу от заданной внешней нагрузки.
- В. Поперечную силу от внешней нагрузки и единичного усилия.
- Г. Поперечную силу только от сосредоточенных сил.
- Д. Поперечную силу только от распределенных нагрузок.

**69. Перемещения в упругой системе можно определять по следующей формуле:**  $\Delta_{kf} = \sum \int \frac{\bar{M}_k M_f dx}{EI} + \sum \int \frac{\bar{N}_k N_f dx}{EA} + \eta \sum \int \frac{\bar{Q}_k Q_f dx}{GA}$ . **Что означает величина  $Q_f$  в числителе третьей суммы?**

- А. Поперечную силу от заданной внешней нагрузки.
- Б. Поперечную силу от единичного усилия, приложенного в интересующем направлении к.

- В. Поперечную силу от внешней нагрузки и единичного усилия.
- Г. Поперечную силу только от сосредоточенных сил.
- Д. Поперечную силу только от распределенных нагрузок.

**70. При изгибе перемещения можно определять по правилу Верещагина**

**по упрощенной формуле:**  $\Delta_{kf} = \sum \int \frac{\bar{M}_k M_f dx}{EI} = \sum \frac{\omega_i \cdot y_i}{(EI)_i}$ . **Что означает вели-**

**чина  $\omega_i$  в числителе правой части?**

- А. Площадь грузовой эпюры на «i» участке.
- Б. Ордината грузовой эпюры на «i» участке.
- В. Ордината под центром тяжести грузовой эпюры, взятая в единичной эпюре.
- Г. Ордината под центром тяжести единичной эпюры, взятая в грузовой эпюре.
- Д. Ордината единичной эпюры на «i» участке.

**71. При изгибе перемещения можно определять по правилу Верещагина**

**по упрощенной формуле:**  $\Delta_{kf} = \sum \int \frac{\bar{M}_k M_f dx}{EI} = \sum \frac{\omega_i \cdot y_i}{(EI)_i}$ . **Что означает вели-**

**чина  $y_i$  в числителе правой части?**

- А. Ордината под центром тяжести грузовой эпюры, взятая в единичной эпюре.
- Б. Площадь грузовой эпюры на «i» участке.
- В. Ордината грузовой эпюры на «i» участке.
- Г. Ордината под центром тяжести единичной эпюры, взятая в грузовой эпюре.
- Д. Ордината единичной эпюры на «i» участке.

**72. Перемещения в статически определимой системе можно определить с помощью матриц в виде:**  $\bar{\Delta} = L_1^T \cdot B \cdot L_p$ . **Что означает матрица В?**

- А. Матрица податливости системы
- Б. Матрица жесткости системы.
- В. Матрица влияния изгибающих моментов.
- Г. Матрица влияния поперечных сил.
- Д. Матрица влияния продольных сил.

**73. Перемещения в статически определимой системе при изгибе можно определить с помощью матриц в виде:**  $\bar{\Delta} = L_1^T \cdot B \cdot L_p$ . **Что означает матрица  $L_1^T$ ?**

- А. Транспонированная матрица влияния изгибающих моментов.
- Б. Транспонированная матрица податливости системы.
- В. Транспонированная матрица жесткости системы.
- Г. Матрица влияния изгибающих моментов.

Д. Матрица влияния поперечных сил.

**74. Перемещения в статически определимой системе при изгибе можно определить с помощью матриц в виде:  $\bar{\Delta} = L_1^T \cdot B \cdot L_p$ . Что означает матрица  $L_p$ ?**

- А. Матрица, элементами которой являются ординаты грузовой эпюры.
- Б. Матрица, элементами которой являются ординаты единичных эпюр.
- В. Матрица жесткости системы.
- Г. Матрица податливости системы.
- Д. Матрица влияния поперечных сил.

**75. От вертикальной нагрузки в трехшарнирной арке изгибающие моменты меньше в сравнении с балкой того же пролета. Какие параметры влияют на изгибающие моменты?**

- А. Высота подъема арки.
- Б. Размеры поперечного сечения.
- В. Вертикальные нагрузки.
- Г. Жесткость системы.
- Д. Геометрические характеристики сечения.

**76. Из каких элементов состоит матрица податливости В при растяжении – сжатии (L – длина участка)?**

- А.  $L/EA$ .
- Б.  $L/EI$ .
- В.  $L/GA$ .
- Г.  $L/GI_p$ .
- Д.  $L/GI_{кр}$ .

**77. Что представляют собой элементы матрицы податливости В?**

- А. Перемещения от единичных усилий.
- Б. Реакции от единичных усилий.
- В. Напряжения.
- Г. Деформации.
- Д. Внешние нагрузки.

**78. Точка Д называется нулевой точкой линии влияния  $Q_k$  в трехшарнирной арке, ...**

- А. Если от силы  $P=1$ , приложенной в точке Д, поперечная сила  $Q_k$  в трехшарнирной арке равна нулю.
- Б. Если от силы  $P=1$ , приложенной в точке К, поперечная сила  $Q_k$  в точке Д трехшарнирной арки равна нулю.
- В. Если от силы  $P=1$ , приложенной в точке Д, изгибающий момент в ключе равен нулю.

Г. Если от силы  $P=1$ , приложенной в точке Д, продольная сила в ключе равна нулю.

Д. Если от распределенной нагрузки  $q=1$ , приложенной в точке Д, поперечная сила  $Q_k$  в трехшарнирной арке равна нулю.

**79. Точка Д называется нулевой точкой линии влияния  $M_k$  в трехшарнирной арке, ...**

А. Если от силы  $P=1$ , приложенной в точке Д, изгибающий момент в точке «к» в трехшарнирной арке равен нулю.

Б. Если от силы  $P=1$ , приложенной в точке К, поперечная сила  $Q_k$  в точке Д трехшарнирной арки равна нулю.

В. Если от силы  $P=1$ , приложенной в точке Д, изгибающий момент в ключе равен нулю.

Г. Если от силы  $P=1$ , приложенной в точке Д, продольная сила в ключе трехшарнирной арки равна нулю.

Д. Если от распределенной нагрузки  $q=1$ , приложенной в точке Д, поперечная сила  $Q_k$  в трехшарнирной арке равна нулю.

**80. Как очерчена рациональная ось арки?**

А. По кривой давления.

Б. По квадратичному закону.

В. По параболическому закону.

Г. По нелинейному закону.

Д. По линейному закону.

**81. Какой вид имеют линии влияния опорных реакций в плоской ферме?**

А. Совпадают с линиями влияний балочных опорных реакций.

Б. Не совпадают с линиями влияний балочных опорных реакций.

В. Имеют нелинейный вид.

Г. Имеют параболический вид.

Д. Имеют вид ломаных линий.

**82. Какой вид имеют линии влияния вертикальных опорных реакций в трехшарнирной арке ?**

А. Совпадают с линиями влияний балочных опорных реакций .

Б. Не совпадают с линиями влияний балочных опорных реакций.

В. Имеют нелинейный вид.

Г. Имеют параболический вид.

Д. Имеют вид ломаных линий.

**83. Какой вид имеют линии влияния распора в трехшарнирной арке?**

А. Две пересекающиеся под ключевым шарниром линии с нулевыми ординатами под опорами.

Б. Совпадают с линиями влияний балочных опорных реакций.

- В. Имеют нелинейный вид.
- Г. Имеют параболический вид.
- Д. Имеют вид трех ломаных линий.

**84. Какие усилия воспринимает затяжка в арке?**

- А. Горизонтальную реакцию.
- Б. Вертикальную реакцию.
- В. Изгибающий момент.
- Г. Горизонтальную и вертикальную реакции.
- Д. Вертикальную реакцию и изгибающий момент.

**85. Какое положение внешней нагрузки является невыгодным для изгибающего момента в сечении «К»?**

- А. Когда изгибающий момент в сечении «К» имеет экстремальное значение.
- Б. Когда изгибающий момент в сечении «К» имеет нулевое значение.
- В. Когда поперечная сила в сечении «К» имеет экстремальное значение.
- Г. Когда продольная сила в сечении «К» имеет экстремальное значение.
- Д. Когда продольная и поперечная силы в сечении «К» имеют нулевые значения.

**86. Какое положение внешней нагрузки является невыгодным для поперечной силы в сечении «К»?**

- А. Когда поперечная сила в сечении «К» имеют нулевые значения.
- Б. Когда изгибающий момент в сечении «К» имеет нулевое значение.
- Г. Когда продольная сила в сечении «К» имеет нулевое значение.
- Д. Когда продольная и поперечная силы в сечении «К» имеют нулевые значения.

**87. Какие допущения используют при расчете ферм?**

- А. Соединения в узлах представляют идеальные шарниры.
- Б. Наличие лишних связей.
- В. Соединения в узлах жесткие.
- Г. Статическая определимость.
- Д. Кинематическая определимость.

**88. Какие допущения используют при расчете ферм?**

- А. Узловая нагрузка.
- Б. Наличие лишних связей.
- В. Соединения в узлах жесткие.
- Г. Статическая определимость.
- Д. Кинематическая определимость.

**89. Какие допущения используют при расчете ферм?**

- А. Длины стержней до деформации и после деформации не изменяются.
- Б. Наличие лишних связей.
- В. Соединения в узлах жесткие.
- Г. Статическая определимость.
- Д. Кинематическая определимость.

**90. Какие системы принимают в качестве расчетных схем для фермы?**

- А. Геометрически неизменяемые стержневые системы, в которых соединение в узлах шарнирное.
- Б. Геометрически неизменяемые стержневые системы, в которых соединение в узлах жесткое.
- В. Геометрически неизменяемые стержневые системы, в которых соединения в узлах как шарнирные, так и жесткие.
- Г. Геометрически изменяемые стержневые системы, в которых соединение в узлах шарнирное.
- Д. Геометрически изменяемые стержневые системы, в которых соединение в узлах жесткое.

**91. На каком принципе основан кинематический метод построения линии влияния усилия  $S$ ?**

- А. Принцип возможных перемещений.
- Б. Принцип независимости действия сил.
- В. Принцип локальности.
- Г. Принцип суперпозиции.
- Д. Принцип Даламбера.

**92. Какие системы относятся к трехмерным?**

- А. Массивные плиты.
- Б. Тонкие плиты.
- В. Тонкостенные стержни.
- Г. Фермы.
- Д. Оболочки покрытий.

**93. Для построения эпюры изгибающих моментов в трехшарнирной арке используют следующую формулу:  $M = M^o - Hy$ . Что означает первое слагаемое в правой части?**

- А. Эпюра изгибающих моментов в простой балке того же пролета.
- Б. Единичная эпюра изгибающих моментов.
- В. Значение момента в простой балке в середине пролета.
- Г. Значение момента в консольной балке того же пролета.
- Д. Значение момента в заделке.

**94. Для построения эпюры изгибающих моментов в трехшарнирной арке используют следующую формулу:  $M = M^o - Hy$ . Что означает величина  $H$  в правой части?**

- А. Величина распора от вертикальной нагрузки.
- Б. Единичная эпюра изгибающих моментов.
- В. Значение момента в простой балке в середине пролета.
- Г. Значение момента в консольной балке того же пролета.
- Д. Эпюра изгибающих моментов в простой балке.

**95. Для построения эпюры изгибающих моментов в трехшарнирной арке используют следующую формулу:  $M = M^o - Hy$ . Что означает величина  $y$  в правой части?**

- А. Удаленность точки на оси арки от опорной линии.
- А. Ординаты единичных изгибающих моментов.
- В. Значение момента в простой балке в середине пролета.
- Г. Абсциссы точек оси арки.
- Д. Высота подъема арки.

**96. Для построения эпюры поперечных сил в трехшарнирной арке используют следующую формулу:  $Q = Q^o \cos \varphi - H \sin \varphi$ . Что означает величина  $Q^o$  в правой части?**

- А. Эпюра поперечных сил в простой балке того же пролета.
- Б. Единичная эпюра поперечных сил.
- В. Значение поперечной силы в простой балке в середине пролета.
- Г. Значение поперечной силы в консольной балке.
- Д. Эпюра поперечных сил в консольной балке.

**97. Для построения эпюры поперечных сил в трехшарнирной арке используют следующую формулу:  $Q = Q^o \cos \varphi - H \sin \varphi$ . Что означает величина  $H$  в правой части?**

- А. Величина распора от вертикальной нагрузки.
- Б. Единичная эпюра поперечных сил.
- В. Значение поперечной силы в простой балке в середине пролета.
- Г. Значение поперечной силы в консольной балке того же пролета.
- Д. Эпюра поперечной силы в простой балке.

**98. Для построения эпюры поперечных сил в трехшарнирной арке используют следующую формулу:  $Q = Q^o \cos \varphi - H \sin \varphi$ . Какой угол  $\varphi$  берется в правой части?**

- А. Угол между касательной к оси арки и горизонталью.
- Б. Угол в ключевом шарнире.
- В. Угол в пятовых шарнирах.
- Г. Угол между нормалью к сечению и горизонталью.

Д. Угол между касательной к оси арки и вертикалью.

**99. Для построения эпюры продольных сил в трехшарнирной арке используют следующую формулу:  $N = -(Q^0 \sin \varphi + H \cos \varphi)$ . Что означает величина  $Q^0$  в правой части?**

- А. Эпюра поперечных сил в простой балке того же пролета.
- Б. Единичная эпюра поперечных сил.
- В. Значение поперечной силы в простой балке в середине пролета.
- Г. Значение поперечной силы в консольной балке.
- Д. Эпюра поперечных сил в консольной балке.

**100. Для построения эпюры продольных сил в трехшарнирной арке используют следующую формулу:  $N = -(Q^0 \sin \varphi + H \cos \varphi)$ . Какой угол  $\varphi$  берется в правой части?**

- А. Угол между касательной к оси арки и горизонталью.
- Б. Угол в ключевом шарнире.
- В. Угол в пятовых шарнирах.
- Г. Угол между нормалью к сечению и горизонталью.
- Д. Угол между касательной к оси арки и вертикалью.

**101. Для построения эпюры продольных сил в трехшарнирной арке используют следующую формулу:  $N = -(Q^0 \sin \varphi + H \cos \varphi)$ . Что означает величина  $H$  в правой части?**

- А. Величина распора от вертикальной нагрузки.
- Б. Единичная эпюра поперечных сил.
- В. Значение поперечной силы в простой балке в середине пролета.
- Г. Значение поперечной силы в консольной балке того же пролета.
- Д. Эпюра поперечной силы в простой балке.

**102. Для построения линии влияния изгибающего момента в любом сечении трехшарнирной арки используют следующую формулу:  $lвM_k = lвM^o - lвHy_k$ . Что означает первое слагаемое в правой части?**

- А. Линия влияния изгибающего момента в простой балке того же пролета
- Б. Линия влияния изгибающего момента в консольной балке того же пролета.
- В. Линия влияния реакции опоры в простой балке.
- Г. Линия влияния распора.
- Д. Линия влияния поперечной силы.

**103. Для построения линии влияния изгибающего момента в любом сечении трехшарнирной арки используют следующую формулу:  $lвM_k = lвM^o - lвHy_k$ . Что означает величина  $lвH$  в правой части?**

- А. Линия влияния распора в трехшарнирной арке.



- Б. Линия влияния изгибающего момента в простой балке того же пролета.
- В. Линия влияния изгибающего момента в консольной балке того же пролета.
- Г. Линия влияния вертикальной реакции.
- Д. Линия влияния продольной силы .

**104. Для построения линии влияния изгибающего момента в любом сечении трехшарнирной арки используют следующую формулу:**

$$lвM_k = lвM^o - lвHy_k . \text{ Что означает величина } y_k \text{ в правой части?}$$

- А. Ордината в интересующем сечении «к» оси арки.
- Б. Высота подъема оси арки.
- В. Абсцисса в сечении «к» оси арки.
- Г. Ординату в середине пролета.
- Д. Уравнение оси арки.

**105. Для построения линии влияния поперечной силы в любом сечении трехшарнирной арки используют следующую формулу:**

$$lвQ_k = lвQ^o \cos \varphi_k - lвH \sin \varphi_k . \text{ Что означает величина } lвQ^o \text{ в правой части?}$$

- А. Линия влияния поперечной силы в простой балке того же пролета.
- Б. Линия влияния поперечной силы в консольной балке того же пролета.
- В. Линия влияния распора.
- Г. Линия влияния вертикальной реакции.
- Д. Линия влияния продольной силы.

**106. Для построения линии влияния поперечной силы в любом сечении трехшарнирной арки используют следующую формулу:**

$$lвQ_k = lвQ^o \cos \varphi_k - lвH \sin \varphi_k . \text{ Что означает величина } lвH \text{ в правой части?}$$

- А. Линия влияния распора в трехшарнирной арке.
- Б. Линия влияния изгибающего момента в простой балке того же пролета.
- В. Линия влияния изгибающего момента в консольной балке того же пролета.
- Г. Линия влияния вертикальной реакции.
- Д. Линия влияния продольной силы .

**107. Для построения линии влияния поперечной силы в любом сечении трехшарнирной арки используют следующую формулу:**

$$lвQ_k = lвQ^o \cos \varphi_k - lвH \sin \varphi_k . \text{ Какой угол } \varphi_k \text{ берется в правой части?}$$

- А. Угол между касательной к оси арки и горизонталью в интересующем сечении.
- Б. Угол в ключевом шарнире.
- В. Угол в пятовых шарнирах.

- Г. Угол между нормалью к интересующему сечению и горизонталью.  
Д. Угол между касательной к оси арки в интересующем сечении и вертикалью.

**108. Для построения линии влияния продольной силы в любом сечении трехшарнирной арки используют следующую формулу:  $l_v N_k = -(l_v Q^0 \sin \varphi_k + l_v H \cos \varphi_k)$ . Что означает величина  $l_v Q^0$  в правой части?**

- А. Линия влияния поперечной силы в простой балке того же пролета.  
Б. Линия влияния поперечной силы в консольной балке того же пролета.  
В. Линия влияния распора.  
Г. Линия влияния вертикальной реакции.  
Д. Линия влияния продольной силы.

**109. Для построения линии влияния продольной силы в любом сечении трехшарнирной арки используют следующую формулу:  $l_v N_k = -(l_v Q^0 \sin \varphi_k + l_v H \cos \varphi_k)$ . Что означает величина  $l_v H$  в правой части?**

- А. Линия влияния распора в трехшарнирной арке.  
Б. Линия влияния изгибающего момента в простой балке того же пролета.  
В. Линия влияния изгибающего момента в консольной балке того же пролета.  
Г. Линия влияния вертикальной реакции.  
Д. Линия влияния продольной силы.

**110. Что означает левая часть следующей формулы:  $M = M^o - H y$ .**

- А. Изгибающий момент в трехшарнирной арке от неподвижной нагрузки.  
Б. Изгибающий момент в простой балке от неподвижной нагрузки.  
В. Изгибающий момент в консольной балке от неподвижной нагрузки.  
Г. Изгибающий момент в раме от неподвижной нагрузки.

**111. Что означает левая часть следующей формулы:  $Q = Q^o \cos \varphi - H \sin \varphi$**

- А. Поперечную силу в трехшарнирной арке от неподвижной нагрузки  
Б. Поперечную силу в простой балке от неподвижной нагрузки.  
В. Поперечную силу в консольной балке от неподвижной нагрузки.  
Г. Поперечную силу в раме от неподвижной нагрузки.  
Д. Поперечную силу в шарнирной балке от неподвижной нагрузки.

**112. Что означает левая часть следующей формулы:**

$$N = -(Q^0 \sin \varphi + H \cos \varphi).$$

- А. Продольную силу в трехшарнирной арке от неподвижной нагрузки.
- Б. Величину распора от неподвижной нагрузки.
- В. Продольную силу в раме от неподвижной нагрузки.
- Г. Продольную силу в ферме от неподвижной нагрузки.
- Д. Вертикальную реакцию от неподвижной нагрузки.

**113. Что означает левая часть следующей формулы:**

$$lвM_k = lвM_k^o - lвHy_k.$$

- А. Линию влияния изгибающего момента в трехшарнирной арке.
- Б. Линию влияния изгибающего момента в простой балке.
- В. Линию влияния изгибающего момента в консольной балке.
- Г. Линию влияния изгибающего момента в раме.
- Д. Линию влияния изгибающего момента в шарнирной балке.

**114. Что означает левая часть следующей формулы:**

$$lвQ_k = lвQ_k^o \cos \varphi_k - lвH \sin \varphi_k.$$

- А. Линию влияния поперечной силы в трехшарнирной арке.
- Б. Линию влияния поперечной силы в простой балке.
- В. Линию влияния поперечной силы в консольной балке.
- Г. Линию влияния поперечной силы в раме.
- Д. Линию влияния поперечной силы в шарнирной балке.

**115. Что означает левая часть следующей формулы:**

$$lвN_k = -(lвN_k^o \sin \varphi_k + lвH \cos \varphi_k).$$

- А. Линию влияния продольной силы в трехшарнирной арке.
- Б. Линию влияния поперечной силы в простой балке.
- В. Линию влияния поперечной силы в консольной балке.
- Г. Линию влияния продольной силы в раме.
- Д. Линию влияния продольной силы в ферме.

**116. Перемещения в упругой системе можно определять по следующей**

**формуле:**  $\Delta_{kf} = \sum \int \frac{\bar{M}_k M_f dx}{EI} + \sum \int \frac{\bar{N}_k N_f dx}{EA} + \eta \sum \int \frac{\bar{Q}_k Q_f dx}{GA}$ . **От чего зави-**

**сит величина  $\eta$  в правой части?**

- А. От формы поперечного сечения.
- Б. От изгибающего момента.
- В. От поперечной силы.
- Г. От продольной силы.
- Д. От жесткости системы.

**117** Потенциальная энергия деформации упругой системы определяется по следующей формуле:  $U = \sum \int \frac{M^2 dx}{2EI} + \sum \int \frac{N^2 dx}{2EA} + \sum \int \frac{Q^2 dx}{2GA} \eta$ . От чего

зависит величина  $\eta$  в правой части?

- А. От формы поперечного сечения
- Б. От изгибающего момента.
- В. От поперечной силы.
- Г. От продольной силы.
- Д. От жесткости системы.

**118.** Что означает левая часть следующей формулы:

$$\Delta_{kf} = \sum \int \frac{\bar{M}_k M_f dx}{EI} + \sum \int \frac{\bar{N}_k N_f dx}{EA} + \eta \sum \int \frac{\bar{Q}_k Q_f dx}{GA}.$$

- А. Перемещение в упругой системе.
- Б. Деформации в упругой системе.
- В. Напряжения в упругой системе.
- Г. Потенциальную энергию деформации.
- Д. Работу внешних сил.

**119.** Что означает левая часть следующей формулы:  $\Delta_{kf} = \sum \int \frac{\bar{M}_k M_f dx}{EI}$ .

- А. Перемещения при изгибе.
- Б. Перемещения при растяжении-сжатии.
- В. Перемещения при кручении.
- Г. Перемещения при сдвиге.
- Д. Перемещения при изгибе в двух плоскостях.

**120.** Что означает левая часть следующей формулы:  $\Delta_{kf} = \sum \int \frac{\bar{N}_k N_f dx}{EA}$ .

- А. Перемещения при растяжении-сжатии.
- Б. Перемещения при изгибе.
- В. Перемещения при кручении.
- Г. Перемещения при сдвиге.
- Д. Перемещения при изгибе в двух плоскостях.

**121.** Что означает левая часть следующей формулы:  $\Delta_{kf} = \eta \sum \int \frac{\bar{Q}_k Q_f dx}{GA}$ .

- А. Перемещения при сдвиге.
- Б. Перемещения при изгибе.
- В. Перемещения при растяжении-сжатии.
- Г. Перемещения при кручении.
- Д. Перемещения при изгибе в двух плоскостях.

**122.** Когда в эпюре изгибающих моментов в сечении возникают скачки?

- А. Если в этом сечении приложен сосредоточенный момент.

- Б. Если в этом сечении приложена сосредоточенная сила.
- В. Если в этом сечении приложена распределенная нагрузка.
- Г. Если в этом сечении изменяются геометрические характеристики.
- Д. Если в этом сечении изменяются физические свойства материала.

**123. Когда в эпюре поперечных сил возникают скачки?**

- А. Если в этом сечении приложена сосредоточенная сила.
- Б. Если в этом сечении приложен сосредоточенный момент.
- В. Если в этом сечении приложена распределенная нагрузка.
- Г. Если в этом сечении изменяются геометрические характеристики.
- Д. Если в этом сечении изменяются физические свойства материала.

**124. В каком сечении в эпюре изгибающих моментов возникает экстремум?**

- А. В том сечении, где поперечная сила имеет нулевое значение.
- Б. В том сечении, где поперечная сила имеет максимальное значение.
- В. В том сечении, где поперечная сила имеет минимальное значение.
- Г. В том сечении, где внешняя нагрузка имеет максимальное значение.
- Д. В том сечении, где внешняя нагрузка имеет минимальное значение.

**125. Как определяются реакции опор в простой балке?**

- А. Из уравнения равновесия внешних сил.
- Б. Методом сечений.
- В. Из кинематических уравнений.
- Г. Из условий закрепления.
- Д. Методом проекций.

**126. Изгибающий момент в балке вызван действием каких напряжений?**

- А. Нормальных напряжений в поперечном сечении.
- Б. Касательных напряжений в поперечном сечении.
- В. Нормальных напряжений в продольном сечении.
- Г. Касательных напряжений в продольном сечении.
- Д. Одновременным действием нормальных и касательных напряжений в поперечном сечении.

**127. Поперечная сила в балке вызвана действием каких напряжений?**

- А. Касательных напряжений в поперечном сечении.
- Б. Нормальных напряжений в поперечном сечении.
- В. Нормальных напряжений в продольном сечении.
- Г. Касательных напряжений в продольном сечении.
- Д. Одновременным действием нормальных и касательных напряжений в поперечном сечении.

**128. Какой узел называется жестким?**

- А. В которых отсутствуют взаимные угловые и поступательные перемещения сечений примыкающих элементов.
- Б. В которых отсутствуют одно поступательное перемещение и взаимные повороты сечений примыкающих элементов.
- В. В которых отсутствуют только взаимные поступательные перемещения сечений примыкающих элементов.
- Г. В которых все элементы свободно поворачиваются друг относительно друга.
- Д. В которых часть элементов свободно поворачиваются друг относительно друга.

**129. Какой узел называется шарнирным?**

- А. В котором отсутствуют только взаимные поступательные перемещения сечений примыкающих элементов.
- Б. В которых отсутствуют взаимные угловые и поступательные перемещения сечений примыкающих элементов.
- В. В которых отсутствуют одно поступательное перемещение и взаимные повороты сечений примыкающих элементов.
- Г. В котором имеются упругие связи.
- Д. В котором все элементы не могут свободно поворачиваться друг относительно друга.

**130. На прямолинейном ненагруженном участке стержня эпюра моментов имеет следующий вид:**

- А. Прямая линия.
- Б. Квадратичная парабола.
- В. Две пересекающиеся линии.
- Г. Параллельная оси линия.
- Д. Нулевая линия.

**131. На прямолинейном ненагруженном участке стержня эпюра поперечных сил имеет следующий вид:**

- А. Параллельная оси линия.
- Б. Прямая линия.
- В. Квадратичная парабола.
- Г. Две пересекающиеся линии.
- Д. Нулевая линия.

**132. В точке приложения сосредоточенной внешней силы эпюра моментов имеет**

- А. Перелом.
- Б. Скачок.
- В. Изменяет знак.
- Г. Не имеет перелома.
- Д. Экстремум.

**133. Степень свободы плоской системы определяется по следующей формуле:  $W=3D - 2Ш - C_0$ , где  $D$ - число дисков,  $Ш$  – количество простых шарниров,  $C_0$  – количество опорных связей. Если  $W < 0$ , то система...**

- А. Геометрически неизменяемая с лишними связями.
- Б. Геометрически изменяемая.
- В. Геометрически неизменяемая без лишних связей.
- Г. Г. Мгновенно изменяемая.
- Д. Не может быть принята в качестве расчетной схемы.

**134. Степень свободы плоской системы определяется по следующей формуле:  $W=3D - 2Ш - C_0$ , где  $D$ - число дисков,  $Ш$  – количество простых шарниров,  $C_0$  – количество опорных связей. Если  $W=0$ , то система...**

- А. Геометрически неизменяемая без лишних связей.
- Б. Геометрически изменяемая.
- В. Геометрически неизменяемая с лишними связями.
- Г. Мгновенно изменяемая.
- Д. Не может быть принята в качестве расчетной схемы.

### **Ферма**

1. Что собой представляет ферма как строительная конструкция?
  1. Геометрически неизменяемая система стержней, соединенных между собой условными шарнирами.
  2. Статически определимая система стержней, соединенных между собой условными шарнирами.
  3. Система стержней, соединенных между собой произвольным образом
  4. Геометрически неизменяемая и статически определимая система стержней, соединенных между собой жестко.
2. Нагрузки, действующие на плоскую ферму, должны быть расположены в плоскости .....

  1. перпендикулярно плоскости фермы;
  2. параллельно стойкам;
  3. параллельно поясам фермы;
  4. в плоскости фермы.

3. Узел фермы – это .....

  1. шарниры, которые соединены с основанием (Земля, фундамент);
  2. шарниры, в которых сходятся оси стержней фермы;
  3. шарниры, к которым приложены внешние силы;

4. шарниры, к которым не приложена внешняя нагрузка.
4. Что собой представляет раскос фермы?
1. Вертикальный стержень фермы.
  2. Горизонтальный стержень фермы.
  3. Наклонный стержень фермы.
  4. Изогнутый стержень фермы.
5. Запишите формулу, по которой определяют число степеней свободы плоской фермы.
1.  $W = 2Y - C - C_0$
  2.  $W = 2Y - C - C_0$
  3.  $W = 2Y - C - C_0$
  4.  $W = 2Y - C - C_0$
- где  $Y$  – количество узлов фермы,  $C$  – число стержней фермы,  $C_0$  – число опорных стержней.
6. Запишите формулу, по которой определяют наименьшее число стержней статически определимой плоской фермы.
1.  $N_{min} = 2Y - 3$
  2.  $N_{min} = 3Y - 2$
  3.  $N_{min} = Y - 2$
  4.  $N_{min} = Y - 1$
7. Ферма является статически неопределимой, если выполняется условие ...
1.  $C < N_{min}$
  2.  $C = N_{min}$
  3.  $C > N_{min}$
  4.  $C \neq N_{min}$
- $C$  – число стержней фермы,  
 $N_{min}$  – наименьшее число стержней, необходимое для образования фермы
8. По назначению фермы подразделяют на ....
1. треугольные, трапециевидные, с параллельными поясами;
  2. мостовые, стропильные, машиностроительные, башенные;
  3. балочные, консольные, арочные, висячие;
  4. ездовые фермы, шпренгельные фермы
9. Ферму рассчитывают на (выделите правильный ответ):



1. растяжение (сжатие) стержней;
2. изгиб стержней;
3. поперечный сдвиг в стержнях;
4. кручение стержней.

10. При статическом расчете ферм считаются выполненными следующие условия (выделите правильный ответ):

1. шарнирные узлы являются идеальными, стержни являются абсолютно жесткими, силы приложены только к стержням;
2. шарнирные узлы являются идеальными, стержни являются абсолютно жесткими, силы приложены к узлам, весом стержней пренебрегаем;
3. шарнирные узлы являются идеальными, стержни являются абсолютно жесткими, силы приложены к узлам, весом стержней нельзя пренебречь;
4. шарнирные узлы являются идеальными, стержни могут изгибаться, силы приложены к стержням фермы, весом стержней нельзя пренебречь;

11. В чем заключается суть метода вырезания узлов?

1. Рассматривается равновесие только тех узлов, в которых сходятся по три стержня.
2. Рассматривается равновесие только тех узлов, к которым приложены внешние силы.
3. Рассматривается равновесие каждого узла, считая, что положительные усилия стержней являются исходящими от узла.
4. Рассматривается равновесие каждого стержня фермы с шарнирами по концам, считая, что нагрузки приложены к шарнирам.

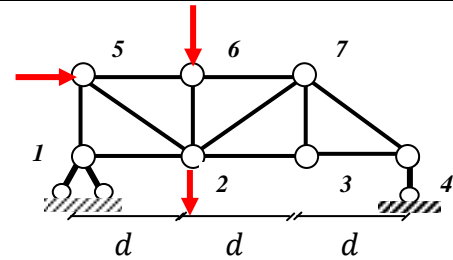
12. Что собой представляет «моментная» точка?

1. Это узел фермы, относительно которой составляется уравнение моментов, содержащее усилия в стержнях разрезанной панели.
2. Это узел фермы, относительно которой составляется уравнение моментов, содержащее одно неизвестное усилие в стержне произвольно разрезанной панели.
3. Это геометрическая точка, относительно которой составляется уравнение моментов, содержащее все неизвестные усилия в стержнях разрезанной панели.
4. Это геометрическая точка, относительно которой составляется уравнение моментов, содержащее одно неизвестное усилие в стержне разрезанной панели.

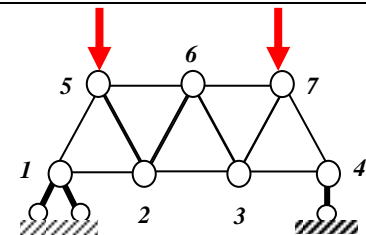
13. Какой стержень называется ненагруженной?

1. Стержень, усилие в котором равно нулю для данной нагрузки, действующая на ферму.
2. Стержень, усилие в котором равно нулю при любой нагрузке.
3. Стержень, который можно отбросить, получая эквивалентную ферму.
4. Стержень, усилие в котором равно нулю, если действующие силы не приложены к узлам фермы.

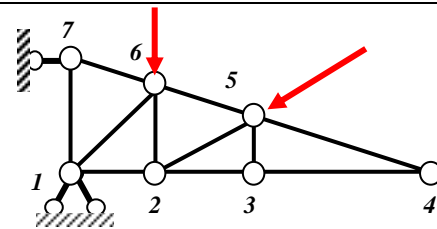
14. Определите один из порядков обхода узлов фермы при использовании метода вырезания узлов



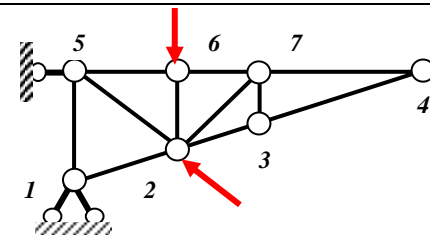
15. Определите один из порядков обхода узлов фермы при использовании метода вырезания узлов



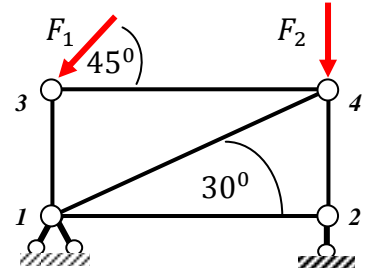
16. Определите ненагруженные стержни фермы



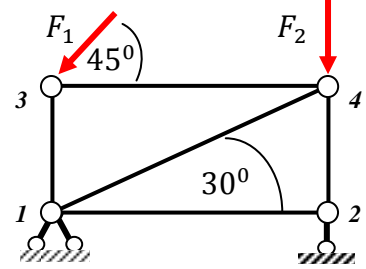
17. Определите ненагруженные стержни фермы



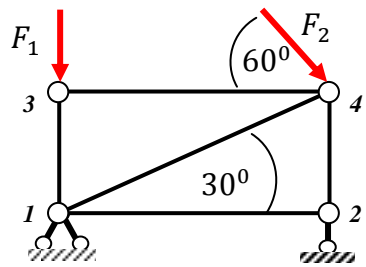
18. Определите усилие в стержне 3-4, если:  
 $F_1 = 10\sqrt{2} \text{ kH}$ ,  $F_2 = 10 \text{ kH}$



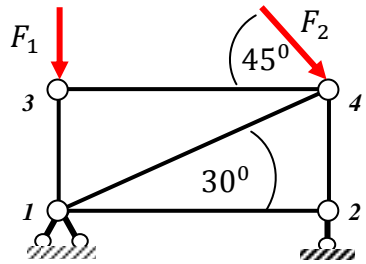
19. Определите усилие в стержне 1-4, если:  
 $F_1 = 10\sqrt{2} \text{ kH}$ ,  $F_2 = 10 \text{ kH}$



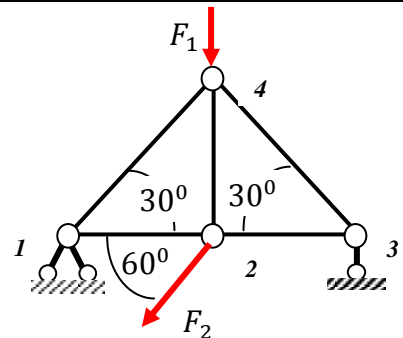
20. Определите усилие в стержне 1-4, если:  
 $F_1 = 10 \text{ kH}$ ,  $F_2 = 10\sqrt{3} \text{ kH}$



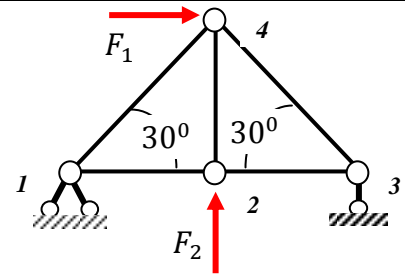
21. Определите усилие в стержне 2-4, если:  
 $F_1 = 10 \text{ kH}$ ,  $F_2 = 20\sqrt{2} \text{ kH}$



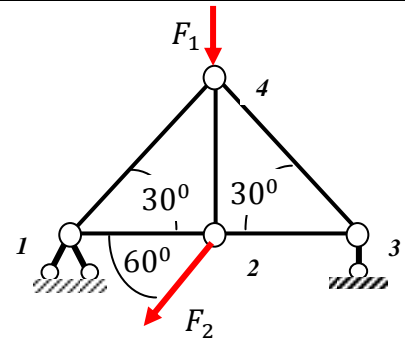
22. Определите усилие в стержне 2-4, если:  
 $F_1 = 10 \text{ kH}$ ,  $F_2 = 20 \text{ kH}$



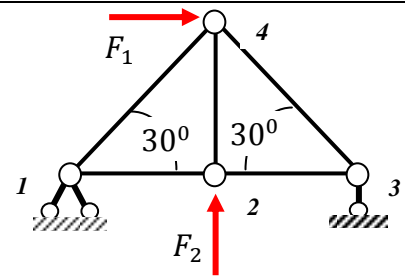
23. Определите усилие в стержне 2-4, если:  
 $F_1 = 20 \text{ kH}$ ,  $F_2 = 10 \text{ kH}$



24. Определите усилие в стержне 4-3, если:  
 $F_1 = 10 \text{ kH}$ ,  $F_2 = 20 \text{ kH}$



25. Определите усилие в стержне 4-3, если:  
 $F_1 = 20 \text{ kH}$ ,  $F_2 = 10 \text{ kH}$



**Тема: Ферма**

№ п/п	Ответ	№ п/п	Ответ
1	1	14	1-5-6-2-7-3
2	4	15	1-5-2-6-3-7
3	2	16	5-4, 3-4, 5-3, 2-3, 1-6
4	3	17	6-7, 7-4, 3-4, 7-3, 2-7
5	4	18	
6	1	19	
7	3	20	
8	2	21	

9	1	22	
10	2	23	
11	3	24	
12	4	25	
13	1		

### Тема: Многопролетные статически определимые балки

1. Какие балки называются многопролетными?
  1. Статически неопределимая система, состоящая из стержней произвольной формы, соединенных между собой **жестко**.
  2. Статически неопределимая система, состоящая из стержней произвольной формы, соединенных между собой **шарнирами**.
  3. Статически определимая неизменяемая система, состоящая из ряда однопролетных балок, соединенных между собой **шарнирами**.
  4. Статически определимая система, состоящая из ряда однопролетных балок, соединенных между собой **жестко**.
  
2. Какими могут быть конструктивно однопролетные балки, образующие многопролетную балку?
  1. Всегда сплошными.
  2. Только фермами (сквозными).
  3. Комбинированными, сплошными, сквозными.
  4. Комбинированными с консольным пролетом.
  
3. Какие из перечисленных свойств:
  - a) усилия в составных частях балки можно определить из уравнений статики;
  - b) от осадки опор не возникают дополнительные напряжения;
  - c) не возникают дополнительные напряжения от теплового воздействия;
  - d) обладают меньшей жесткостью по сравнению с неразрезными балками;
  - e) обладают меньшей надежностью по сравнению с неразрезными балками;

можно отнести к преимуществам многопролетной балки по сравнению с неразрезной балкой той же длины?

  1. b-c-d
  2. a-b-c

3. a-c-d

4. a-c-e

4. Какие из перечисленных свойств:

- a) усилия в составных частях балки можно определить из уравнений статики;
- b) от осадки опор не возникают дополнительные напряжения;
- c) не возникают дополнительные напряжения от теплового воздействия;
- d) обладают меньшей жесткостью по сравнению с неразрезными балками;
- e) обладают меньшей надежностью по сравнению с неразрезными балками;

можно отнести к недостаткам многопролетной балки по сравнению с неразрезной балкой той же длины?

- 1. b-c
- 2. b-e
- 3. a-d
- 4. d-e

5. По какой формуле определяют степень свободы статически определимой многопролетной балки?

- 1.  $W = 2D - 3Ш - C_{оп}$
- 2.  $W = 3D - 2Ш - C_{оп}$
- 3.  $W = 3D - Ш - C_{оп}$
- 4.  $W = 3D - Ш - 2C_{оп}$

6. Соотношение между количеством шарниров и опорными стержнями многопролетной балки определено формулой:  $Ш = C_{оп} - 3$ . Что обеспечивает данная формула?

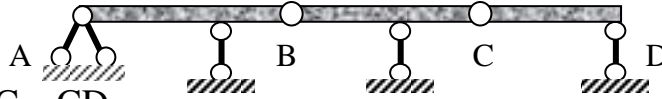
- 1. Необходимое условие геометрической неизменяемости и статической определимости.
- 2. Достаточное условие геометрической неизменяемости.
- 3. Необходимое условие статической определимости.
- 4. Необходимое и достаточное условие статической определимости и геометрической неизменяемости многопролетной балки.

7. Что собой представляет поэтажная схема многопролетной балки?

- 1. Расположение однопролетных балок в произвольном порядке.
- 2. Схема шарнирных соединений однопролетных балок.
- 3. Схема взаимодействия однопролетных балок с их подразделением на основные и дополнительные балки.

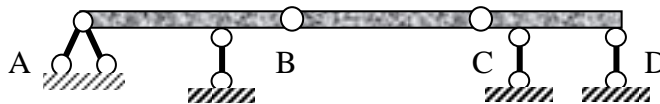
4. Расположение однопролетных балок с учетом сложности действующей нагрузки на многопролетную балку.

8. Определите, в каком порядке необходимо рассчитывать однопролетные балки многопролетной балки



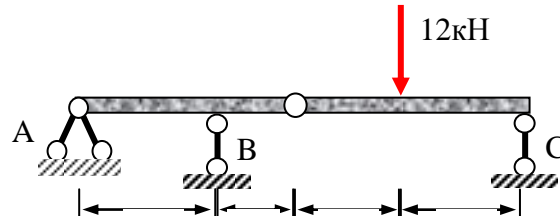
1. AB – BC – CD
2. AB – CD – BC
3. CD – BC – AB
4. BC – CD – AB

9. Определите, в каком порядке необходимо рассчитывать однопролетные балки многопролетной балки

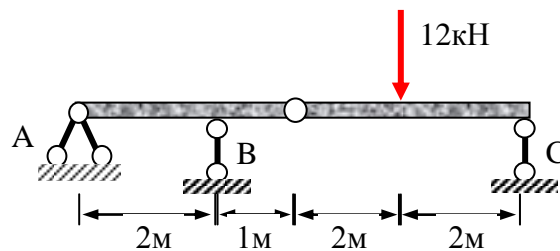


1. AB – BC – CD
2. AB – CD – BC
3. CD – BC – AB
4. BC – CD – AB

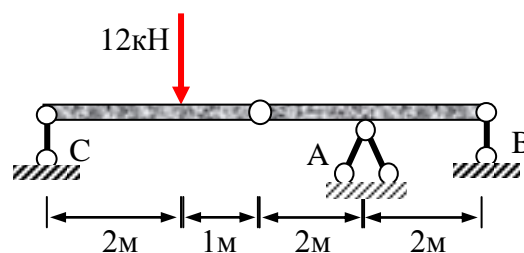
10. Определите вертикальную реакцию опоры А многопролетной балки



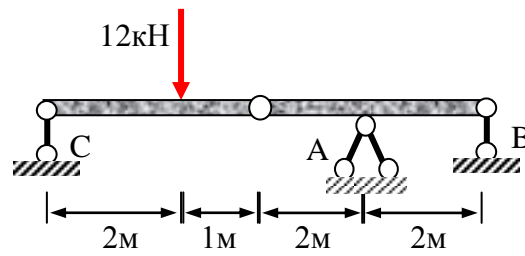
11. Определите реакции опоры А многопролетной балки



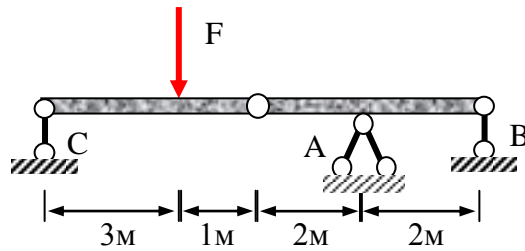
12. Определите вертикальную реакцию опоры А многопролетной балки



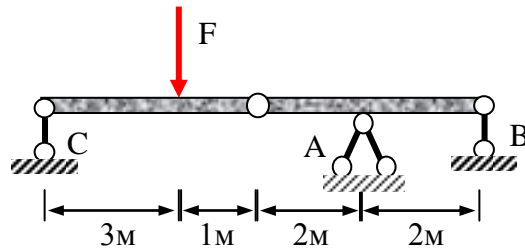
13. Определите реакцию опоры  $B$  многопролетной балки



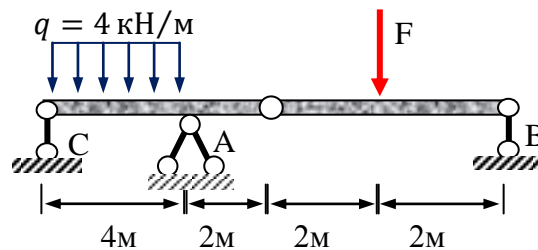
14. При какой величине силы  $F$  вертикальная реакция опоры  $A$  равна 8 кН ?



15. При какой величине силы  $F$  реакция опоры  $B$  равна  $(-9)$  кН ?



16. При какой величине силы  $F$  вертикальная реакция опоры  $A$  равна 8 кН ?



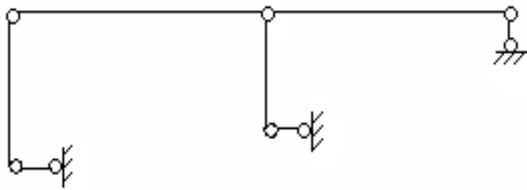
**Тема:** Многопролетные статически определимые балки

№ п/п	Ответ	№ п/п	Ответ
1	3	9	4
2	3	10	-3кН



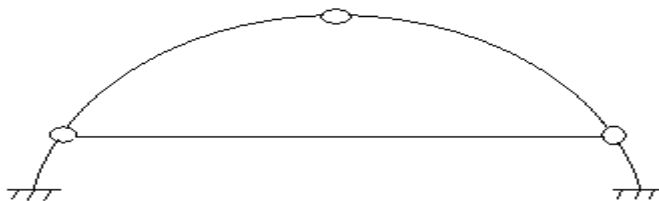
3	2	11	9 кН
4	4	12	16 кН
5	2	13	-8 кН
6	1	14	16/3 кН
7	3	15	12 кН
8	3	16	8 кН

**135. Дать кинематическую оценку следующей плоской системы**



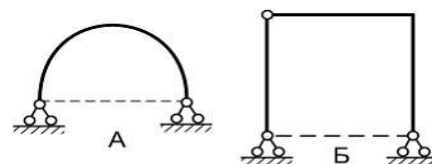
- А. Геометрически изменяемая система с тремя степенями свободы.
- Б. Геометрически изменяемая система с двумя степенями свободы.
- В. Геометрически изменяемая система с одной степенью свободы.
- Г. Геометрически неизменяемая и статически определимая система.
- Д. Геометрически неизменяемая и статически неопределимая система.

**136. Дать кинематическую оценку следующей плоской системы**



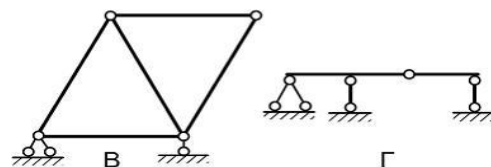
- А. Геометрически неизменяемая система с одной лишней связью.
- Б. Геометрически изменяемая система с двумя степенями свободы.
- В. Геометрически изменяемая система с одной степенью свободы.
- Г. Геометрически неизменяемая и статически определимая система.
- Д. Геометрически неизменяемая и дважды статически неопределимая система.

137. Какая из представленных на рисунках схем является статически неопределимой?

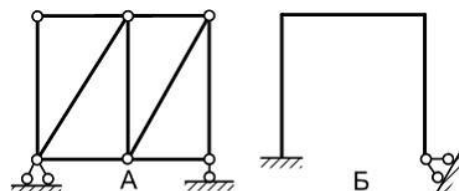


ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1) А            2) Г  
3) В            4) Б

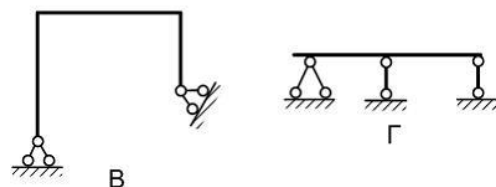


138. Какая из представленных на рисунках схем является статически определимой и геометрически неизменяемой?

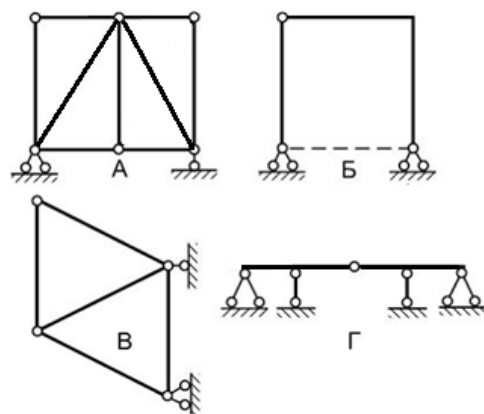


ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1) В            2) Г  
3) А            4) Б



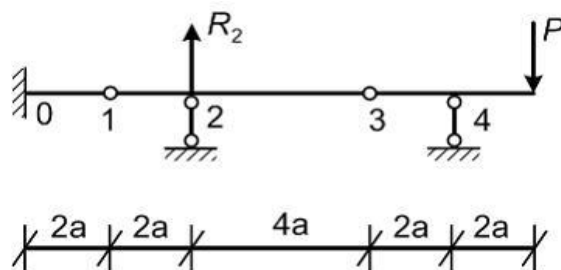
139. Какая из представленных на рисунках схем является статически неопределимой?



ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1) В            2) Г  
3) А            4) Б

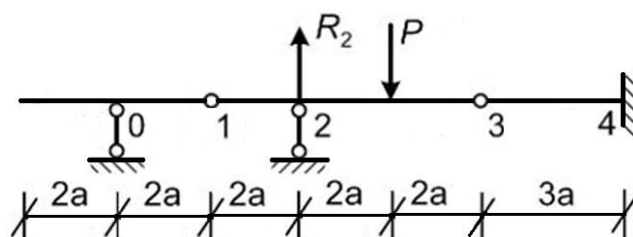
140. Чему равна опорная реакция  $R_2$  многопролетной балки?



ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1) P            2) 2P  
3) -3P        4) 0

141. Чему равна опорная реакция  $R_2$  многопролетной балки?



ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

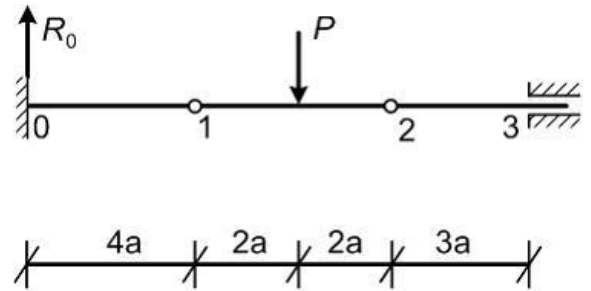
- 1) 2P            2) 0,5P

- 3)  $3P$       4)  $0$

**142. Чему равна опорная реакция  $R_0$  многопролетной балки?**

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

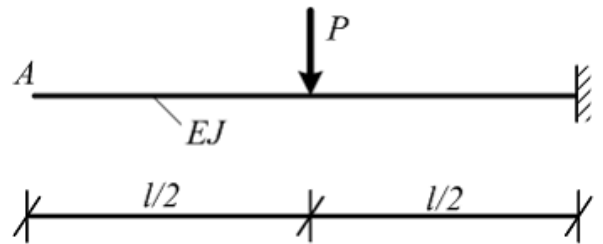
- 1)  $2P$       2)  $0,5P$   
3)  $3P$       4)  $0$



**143. Для определения угла поворота сечения А по формуле Верещагина ( $\Delta_{кр} = \omega y / EI$ ), вместо  $|y|$  надо поставить:**

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

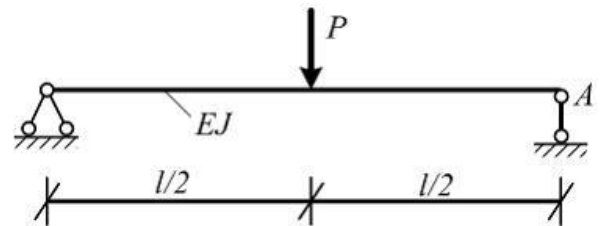
- 1)  $Pl$       2)  $1$   
3)  $2$       4)  $1/2l$



**144. Для определения угла поворота сечения А по формуле Верещагина ( $\Delta_{кр} = \omega y / EI$ ), вместо  $|y|$  надо поставить:**

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

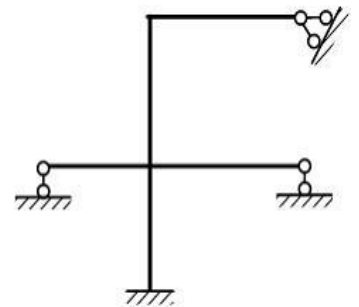
- 1)  $1/2l$       2)  $0,5$   
3)  $l$       4)  $1$



**145. Чему равна степень кинематической неопределенности рамы?**

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

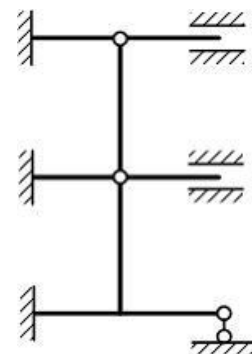
- 1)  $1$       2)  $5$   
3)  $3$       4)  $0$



**146. Чему равна степень кинематической неопределимости рамы?**

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1) 2                    2) 4  
3) 6                    4) 5



**3.4 Базовые тестовые задания для проведения текущего контроля  
освоения дисциплины «Статика и динамика сооружений»  
в 7 семестре**

**Часть 2. ДИНАМИКА СООРУЖЕНИЙ.**

1. Что собой представляет периодическая нагрузка, действующая на сооружение?

1. Диаграмма зависимости от времени нагрузки *меняется медленно* и не вызывает возникновения сил инерции.
  2. Диаграмма зависимости от времени нагрузки *меняется скачкообразно*, не вызывая возникновения сил инерции в элементах сооружения.
  3. Диаграмма зависимости от времени нагрузки *многokrатно повторяется* через определенные промежутки времени.
  4. Диаграмма зависимости от времени нагрузки характеризуется резким изменением скоростей точек элементов сооружения за короткий промежуток времени.
2. Чем характеризуется ударная нагрузка?
1. Беспорядочным изменением направления воздействия внешней нагрузки на сооружение.
  2. Резким (скачкообразным) изменением скорости ударяемого тела или элемента сооружения с возникновением больших инерционных сил.
  3. Периодичностью воздействия на сооружение внешней нагрузки с изменением направления воздействия.
  4. Длительным характером хаотичного воздействия на сооружение.
3. Какая нагрузка на сооружение называется подвижной нагрузкой?
1. Меняет по времени место воздействия на сооружение.
  2. Является постоянной для одних элементов сооружения, и переменной для других элементов сооружения.
  3. Действует на сооружение в различных его точках в зависимости от периода эксплуатации сооружения.
  4. Меняет величину воздействия на сооружение в зависимости от точки приложения к нему.
4. Какая нагрузка, действующая на сооружение, называется вибрационной?
1. Это периодическая нагрузка, которая *меняется по произвольному закону* в течении периода.
  2. Это непрерывная нагрузка произвольного характера.
  3. Это нагрузка, *возрастающая* в период воздействия на сооружение.
  4. Это периодическая нагрузка, которая непрерывно *меняется по закону синуса (косинуса)*.
5. Какая сила называется восстанавливающей силой?
1. Сила упругой реакции системы, возникающая при отклонении массы от положения равновесия.

2. Сила упругой реакции системы, возникающая при отклонении массы от положения равновесия и стремящаяся вернуть массу в положение статического равновесия.
3. Сила опорной реакции системы, возникающая при отклонении сооружения от положения равновесия.
4. Сила упругой реакции системы, возникающая при отклонении массы от положения равновесия и равная силе инерции элемента сооружения.

6. При каких условиях возникают свободные гармонические колебания упругой системы?

1. Если движение упругой системы изучается под действием линейной восстанавливающей силы и силы сопротивления.
2. Если движение упругой системы изучается под действием линейной восстанавливающей силы и внешней нагрузки.
3. Если движение упругой системы изучается под действием линейной восстанавливающей силы, силы сопротивления и вибрационной нагрузки.
4. Если движение упругой системы изучается только под действием линейной восстанавливающей силы.

7. Какое из уравнений движения системы с одной степенью свободы является дифференциальным *уравнением свободных колебаний*?

1.  $m\ddot{q} + b\dot{q} + cq = H_0 \sin(pt + \delta_0)$
2.  $m\ddot{q} + cq = 0$
3.  $m\ddot{q} + cq = H_0 \sin(pt + \delta_0)$
4.  $m\ddot{q} + b\dot{q} + cq = 0$

8. Какое из уравнений движения системы с одной степенью свободы является дифференциальным *уравнением вынужденных колебаний*?

1.  $m\ddot{q} + b\dot{q} + cq = H_0 \sin(pt + \delta_0)$
2.  $m\ddot{q} + cq = 0$
3.  $m\ddot{q} + cq = H_0 \sin(pt + \delta_0)$
4.  $m\ddot{q} + b\dot{q} + cq = 0$

9. Какое из уравнений движения системы с одной степенью свободы является дифференциальным *уравнением затухающих колебаний*?

1.  $m\ddot{q} + b\dot{q} + cq = H_0 \sin(pt + \delta_0)$
2.  $m\ddot{q} + cq = 0$
3.  $m\ddot{q} + cq = H_0 \sin(pt + \delta_0)$
4.  $m\ddot{q} + b\dot{q} + cq = 0$

10. Какое из уравнений движения системы с одной степенью свободы является дифференциальным уравнением вынужденных колебаний в вязко - упругой среде?

1.  $m\ddot{q} + b\dot{q} + cq = H_0 \sin(pt + \delta_0)$
2.  $m\ddot{q} + cq = 0$
3.  $m\ddot{q} + cq = H_0 \sin(pt + \delta_0)$
4.  $m\ddot{q} + b\dot{q} + cq = 0$

11. По какой формуле определяется круговая (циклическая) частота свободных колебаний?

1.  $k = \sqrt{m/c}$
2.  $k = \sqrt{c/m}$
3.  $k = \sqrt{c \cdot m}$
4.  $k = \sqrt{c + m}$

где:  $c$  – жесткость системы,  $m$  – масса колеблющегося груза.

12. Амплитуда колебаний – это ...

1. Наибольшее отклонение от положения равновесия величины, совершающей колебания.
2. Наименьшее отклонение от положения равновесия величины, совершающей колебания.
3. Среднее отклонение от положения равновесия величины, совершающей колебания.
4. Абсолютная величина разности между максимальным и минимальным значениями отклонений от положения равновесия величины, совершающей затухающие колебания за период колебаний.

13. Частота колебаний – это ...

1. Количество колебаний за  $2\pi$  секунд ( $c^{-1}$ ).
2. Количество колебаний за определенный период.
3. Количество колебаний за одну секунду (Гц).
4. Количество прохождений положения равновесия за одну секунду.

14. При каком значении массы  $m$  циклическая частота равна  $k = 10c^{-1}$ , если коэффициент жесткости упругой системы равен  $c = 100 \text{ кг} \cdot c^{-2}$  ?

15. При каком значении коэффициента жесткости упругой системы  $c$  круговая (циклическая) частота колебаний точечного груза массы  $m = 10 \text{ кг}$  равна  $k = 10c^{-1}$  ?

16. Определите массу  $m$  груза, если период его свободных колебаний равен  $T = 0.1$  с, а коэффициент жесткости упругой системы равен  $c = 10^4 \text{ кг} \cdot \text{с}^{-2}$ .

17. Определите массу  $m$  груза, если период его свободных колебаний равен  $T = 1$  с, а коэффициент жесткости упругой системы равен  $c = 100 \text{ кг} \cdot \text{с}^{-2}$ .

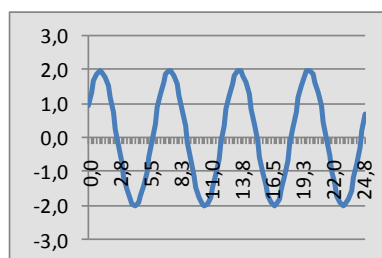
18. Точечная масса  $m = 1000$  кг совершает колебания под действием упругих сил с периодом  $T = 1$  с. Определите коэффициент жесткости упругой системы.

19. Точечная масса  $m = 1000$  кг совершает колебания под действием упругих сил с периодом  $T = 0.1$  с. Определите коэффициент жесткости упругой системы.

20. Точечная масса  $m = 100$  кг совершает свободные колебания в упругой системе с коэффициентом жесткости  $c = 10^4 \text{ кг} \cdot \text{с}^{-2}$ . Определите амплитуду колебаний, если движение начинается из недеформированного состояния системы со скоростью груза  $v_0 = 2$  м/с.

21. Точечная масса  $m = 10$  кг совершает свободные колебания в упругой системе с коэффициентом жесткости  $c = 10^3 \text{ кг} \cdot \text{с}^{-2}$ . Определите амплитуду колебаний, если движение начинается из недеформированного состояния системы со скоростью груза  $v_0 = 1$  м/с.

22. График колебаний сосредоточенной массы на балке имеет вид, изображенный на рисунке.

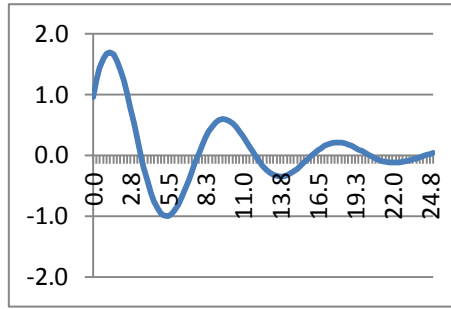


Какой вид из нижеуказанных дифференциальных уравнений соответствует движению груза?

1.  $\ddot{q} + 4q = 0$
2.  $\ddot{q} + 2\dot{q} + 5q = 0$
3.  $\ddot{q} + q = 4\sin(2t)$
4.  $\ddot{q} + 4\dot{q} + q = 0$

23. График колебаний сосредоточенной массы на балке имеет вид, изображенный на рисунке.

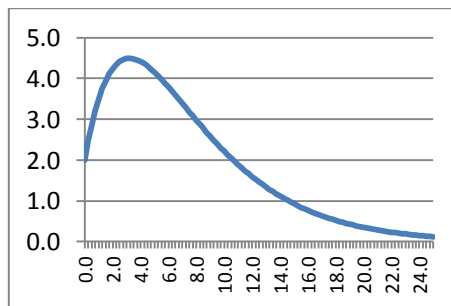




Какой вид из нижеуказанных дифференциальных уравнений соответствует движению груза?

1.  $\ddot{q} + 4q = 0$
2.  $\ddot{q} + 2\dot{q} + 5q = 0$
3.  $\ddot{q} + q = 4\sin(2t)$
4.  $\ddot{q} + 4\dot{q} + q = 0$

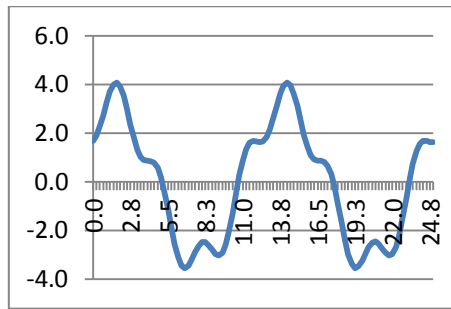
24. График колебаний сосредоточенной массы на балке имеет вид, изображенный на рисунке.



Какой вид из нижеуказанных дифференциальных уравнений соответствует движению груза?

1.  $\ddot{q} + 4q = 0$
2.  $\ddot{q} + 2\dot{q} + 5q = 0$
3.  $\ddot{q} + q = 4\sin(2t)$
4.  $\ddot{q} + 4\dot{q} + q = 0$

25. График колебаний сосредоточенной массы на балке имеет вид, изображенный на рисунке.



Какой вид из нижеуказанных дифференциальных уравнений соответствует движению груза?

1.  $\ddot{q} + 4q = 0$
2.  $\ddot{q} + 2\dot{q} + 5q = 0$
3.  $\ddot{q} + q = 4\sin(2t)$
4.  $\ddot{q} + 4\dot{q} + q = 0$

26. Механическая система совершает вынужденные колебания с частотой внешней гармонической силы  $p = 4 \text{ c}^{-1}$ . Какое дифференциальное уравнение описывает движение этой системы, если ее частота собственных колебаний равна  $k = 5 \text{ c}^{-1}$  ?

1.  $\ddot{q} + 25q = 8\sin(4t)$
2.  $\ddot{q} + 4\dot{q} + 25q = 2\sin(4t)$
3.  $\ddot{q} + 25q = 2\sin(5t)$
4.  $\ddot{q} + 16q = 5\sin(4.2t)$

27. Механическая система совершает вынужденные затухающих колебания с частотой внешней гармонической силы  $p = 4 \text{ c}^{-1}$ . Какое дифференциальное уравнение описывает движение этой системы, если частота ее собственных колебаний равна  $k = 5 \text{ c}^{-1}$  ?

1.  $\ddot{q} + 25q = 8\sin(4t)$
2.  $\ddot{q} + 4\dot{q} + 25q = 2\sin(4t)$
3.  $\ddot{q} + 25q = 2\sin(5t)$
4.  $\ddot{q} + 16q = 5\sin(4.2t)$

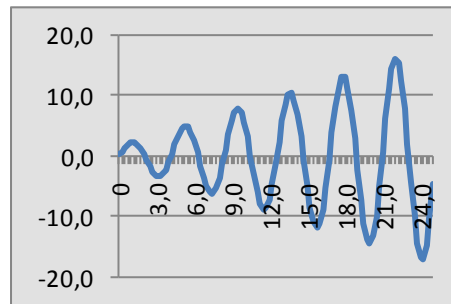
28. Механическая система совершает колебания с частотой внешней гармонической силы  $p = 5 \text{ c}^{-1}$ . Укажите дифференциальное уравнение, которое описывает резонансное движение этой системы?

1.  $\ddot{q} + 25q = 8\sin(4t)$
2.  $\ddot{q} + 4\dot{q} + 25q = 2\sin(4t)$
3.  $\ddot{q} + 25q = 2\sin(5t)$
4.  $\ddot{q} + 16q = 5\sin(4.2t)$

29. Укажите дифференциальное уравнение, которое описывает явление бие-ния элемента сооружения?

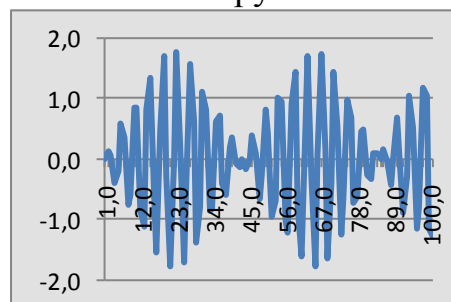
1.  $\ddot{q} + 25q = 8\sin(4t)$
2.  $\ddot{q} + 4\dot{q} + 25q = 2\sin(4t)$
3.  $\ddot{q} + 25q = 2\sin(5t)$
4.  $\ddot{q} + 16q = 5\sin(4.2t)$

30. Какой вид колебаний элемента сооружения изображен на рисунке?



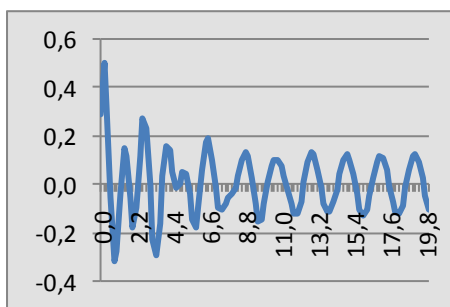
1. Вынужденные колебания без учета сопротивления среды.
2. Затухающие колебания в среде без сопротивления.
3. Резонансные колебания.
4. Явление бие-ния.

31. Какой вид колебаний элемента сооружения изображен на рисунке?



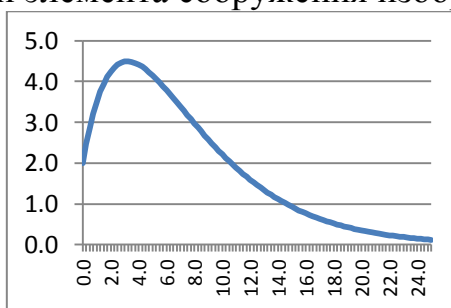
1. Вынужденные колебания без учета сопротивления среды.
2. Затухающие колебания в среде без сопротивления.
3. Резонансные колебания.
4. Явление бие-ния.

32. Какой вид колебаний элемента сооружения изображен на рисунке?



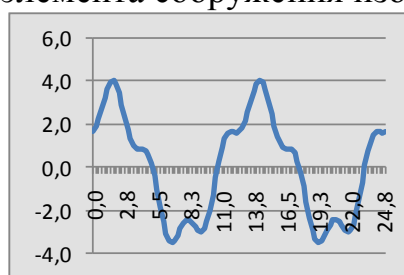
1. Вынужденные колебания в линейно- вязкой среде.
2. Затухающие колебания в среде без сопротивления.
3. Резонансные колебания.
4. Явление биения.

33. Какой вид колебаний элемента сооружения изображен на рисунке?



1. Аперриодическое движение.
2. Затухающие колебания в среде без сопротивления.
3. Резонансные колебания.
4. Явление биения.

34. Какой вид колебаний элемента сооружения изображен на рисунке?



1. Вынужденные колебания без учета сопротивления среды.
2. Затухающие колебания в среде без сопротивления.
3. Резонансные колебания.
4. Явление биения

35. Для затухающих колебаний амплитуда меняется как:

1. Арифметическая прогрессия.
2. Хаотично.
3. Геометрическая прогрессия.
4. Гармоническая функция.

36. Для системы грузов с двумя степенями свободы уравнение частот имеет вид:

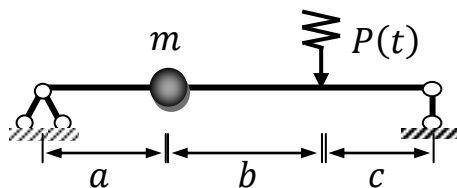
1. 
$$\begin{vmatrix} m_1 \delta_{11} \omega^2 + 1 & m_2 \delta_{12} \omega^2 \\ m_1 \delta_{21} \omega^2 - 1 & m_2 \delta_{22} \omega^2 + 1 \end{vmatrix} = 0$$
2. 
$$\begin{vmatrix} m_1 \delta_{11} \omega^2 & m_2 \delta_{12} \omega^2 - 1 \\ m_1 \delta_{21} \omega^2 - 1 & m_2 \delta_{22} \omega^2 \end{vmatrix} = 0$$
3. 
$$\begin{vmatrix} m_1 \delta_{11} \omega^2 + 1 & m_2 \delta_{12} \omega^2 - 1 \\ m_1 \delta_{21} \omega^2 - 1 & m_2 \delta_{22} \omega^2 + 1 \end{vmatrix} = 0$$
4. 
$$\begin{vmatrix} m_1 \delta_{11} \omega^2 - 1 & m_2 \delta_{12} \omega^2 \\ m_1 \delta_{21} \omega^2 & m_2 \delta_{22} \omega^2 - 1 \end{vmatrix} = 0$$

37. Величины  $k_1^* = \sqrt{c_{11}/a_{11}}$  и называются  $k_2^* = \sqrt{c_{22}/a_{22}}$  ...

1. Круговыми частотами колебаний.
2. Парциальными частотами колебаний.
3. Степенями свободы упругой системы.
4. Коэффициентами главных форм.

38. Движение точечного груза массы на невесомой балке под действием силы описывается уравнением

$$\ddot{y} + \omega^2 y + \frac{P_*(t)}{m} = \omega^2 \Delta_{1P}(t)$$



Что собой представляет величина  $\Delta_{1P}(t)$ ?

1. Перемещение середины балки от действия переменной силы.
2. Перемещение середины между точкой расположения груза и точкой приложения переменной силы.
3. Перемещение точки приложения силы.
4. Перемещение точки расположения груза от действия переменной силы.

39. Движение точечного груза массы на невесомой балке под действием силы описывается уравнением

$$\ddot{y} + \omega^2 y + \frac{P_*(t)}{m} = \omega^2 \Delta_{1P}(t)$$

При каких значениях силы сопротивления и вибрационной нагрузки груз вместе с балкой совершают *затухающие колебания*?

1.  $P_* \neq 0, P(t) = 0$
2.  $P_* = 0, P(t) \neq 0$
3.  $P_* \neq 0, P(t) \neq 0$
4.  $P_* = 0, P(t) = 0$

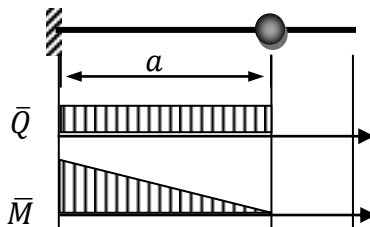
40. Движение точечного груза массы на невесомой балке под действием силы описывается уравнением

$$\ddot{y} + \omega^2 y + \frac{P_*(t)}{m} = \omega^2 \Delta_{1P}(t)$$

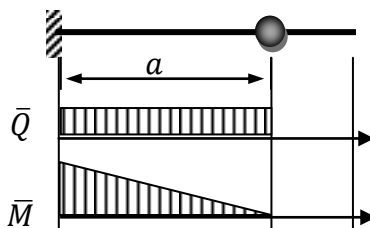
При каких значениях силы сопротивления и вибрационной нагрузки груз вместе с балкой совершают *свободные вынужденные колебания*?

1.  $P_* \neq 0, P(t) = 0$
2.  $P_* = 0, P(t) \neq 0$
3.  $P_* \neq 0, P(t) \neq 0$
4.  $P_* = 0, P(t) = 0$

41. Определите частоту свободных колебаний консоли длины  $l = 4\text{ м}$  с грузом массы  $m = 100\text{ кг}$  посередине, если жесткость балки равна  $E = 200\text{ ГПа}$ , а момент инерции поперечного сечения равен  $I_x = 2400\text{ см}^4$ .

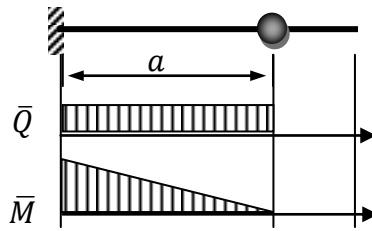


42. Определите частоту свободных колебаний консоли длины  $l = 4\text{ м}$  с грузом массы  $m = 200\text{ кг}$  в его конце, если жесткость балки равна  $E = 200\text{ ГПа}$ , а момент инерции поперечного сечения равен  $I_x = 3600\text{ см}^4$ .

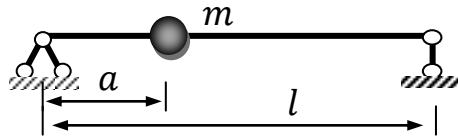


43. Определите частоту свободных колебаний консоли длины  $l = 4\text{ м}$  с грузом массы  $m = 150\text{ кг}$  на расстоянии  $a = 0.75l$  от защемления, если жест-

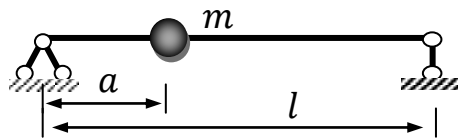
кость балки равна  $E = 200\text{ГПа}$ , а момент инерции поперечного сечения равен  $I_x = 2000\text{см}^4$ .



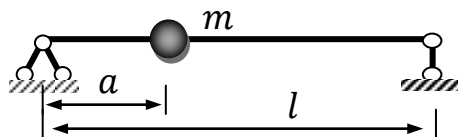
44. Груз массы  $m = 100\text{кг}$  расположен на расстоянии  $a = 2\text{м}$  от правой опоры двухопорной простой балки длины  $l = 6\text{м}$ . Определите период колебаний груза, если жесткость балки равна  $E = 200\text{ГПа}$ , а момент инерции поперечного сечения равен  $I_x = 2000\text{см}^4$ .



45. Груз массы  $m = 200\text{кг}$  расположен на расстоянии  $a = 3\text{м}$  от правой опоры двухопорной простой балки длины  $l = 6\text{м}$ . Определите период колебаний груза, если жесткость балки равна  $E = 200\text{ГПа}$ , а момент инерции поперечного сечения равен  $I_x = 2400\text{см}^4$ .



46. Груз массы  $m = 500\text{кг}$  расположен на расстоянии  $a = 3\text{м}$  от правой опоры двухопорной простой балки длины  $l = 8\text{м}$ . Определите период колебаний груза, если жесткость балки равна  $E = 200\text{ГПа}$ , а момент инерции поперечного сечения равен  $I_x = 2400\text{см}^4$ .



47. Чтобы избежать резонансных колебаний элементов сооружения при воздействии вибрационной нагрузки принято считать отстройку от резонанса равным ...

1. более 35%;
2. не более 30%;

3. не менее 30%;
4. в интервале 25% - 35%.

48. При колебаниях массы  $m$  в среде без сопротивления динамический коэффициент определяется по формуле

$$\mu_0 = \frac{1}{\left|1 - \frac{p^2}{\omega^2}\right|}$$

Определите нижнюю границу частоты вибрационной нагрузки **в об/мин**, если частота собственных колебаний равна  $\omega = 100 \text{ с}^{-1}$ , а отстройка от резонанса составляет 30% (по нормативам)

49. При колебаниях массы  $m$  в среде без сопротивления динамический коэффициент определяется по формуле

$$\mu_0 = \frac{1}{\left|1 - \frac{p^2}{\omega^2}\right|}$$

Определите нижнюю границу частоты вибрационной нагрузки **в об/мин**, если частота собственных колебаний равна  $\omega = 150 \text{ с}^{-1}$ , а отстройка от резонанса составляет 30% (по нормативам)

50. Функции А.Н. Крылова, которые используются при изучении колебаний балки, пластины, оболочки, имеют вид:

$$K_1(\alpha z) = 0.5(ch(\alpha z) + \cos(\alpha z)), \quad K_2(\alpha z) = 0.5(sh(\alpha z) + \sin(\alpha z)),$$

$$K_3(\alpha z) = 0.5(ch(\alpha z) - \cos(\alpha z)), \quad K_4(\alpha z) = 0.5(sh(\alpha z) - \sin(\alpha z)),$$

$$\alpha^4 = \frac{m_0 \omega^2}{EI_x}$$

Какая из функций А.Н. Крылова принимает значение, равное единице, в начале координат?

51. Что физически описывает функция  $U(z) = \sum_{i=1}^4 C_i K_i(\alpha z)$ ,  $0 \leq z \leq l$ , являющейся линейной комбинацией функций А.Н. Крылова, при изучении колебаний однородных балок?

1. Форма свободных колебаний балки.
2. Амплитуда вынужденных колебаний балки.
3. Амплитуда свободных колебаний балки.
4. Форма затухающих колебаний балки.

52. Какой вид имеют граничные условия *защемления* балки?

1.  $U = 0, \frac{d^2 U}{dz^2} = 0$
2.  $U = 0, \frac{dU}{dz} = 0$
3.  $\frac{d^2 U}{dz^2} = 0, \frac{d^3 U}{dz^3} = 0$



$$4. \frac{d^2 U}{dz^2} = 0, EI \cdot U''' = C_0 \cdot U$$

53. Какой вид имеют граничные условия *свободного конца* балки?

$$1. U = 0, \frac{d^2 U}{dz^2} = 0$$

$$2. U = 0, \frac{dU}{dz} = 0$$

$$3. \frac{d^2 U}{dz^2} = 0, \frac{d^3 U}{dz^3} = 0$$

$$4. \frac{d^2 U}{dz^2} = 0, EI \cdot U''' = C_0 \cdot U$$

54. Какой вид имеют граничные условия *шарнирного опирания* балки?

$$1. U = 0, \frac{d^2 U}{dz^2} = 0$$

$$2. U = 0, \frac{dU}{dz} = 0$$

$$3. \frac{d^2 U}{dz^2} = 0, \frac{d^3 U}{dz^3} = 0$$

$$4. \frac{d^2 U}{dz^2} = 0, EI \cdot U''' = C_0 \cdot U$$

55. Сосредоточенная масса  $m = 500 \text{ кг}$  расположена в точке  $z = a = 3 \text{ м}$  балки длины  $l = 6 \text{ м}$ . ( $E = 200 \text{ ГПа}$ ,  $I_x = 2400 \text{ см}^4$ ). На массу действует виб-  
рационная нагрузки  $P(t) = P \cdot \sin pt$ ,  $p = 30 \text{ с}^{-1}$ .

Определите коэффициент динамичности упругой системы.

56. Сосредоточенная масса  $m = 100 \text{ кг}$  расположена в точке  $z = a = 2 \text{ м}$  балки длины  $l = 8 \text{ м}$ . ( $E = 200 \text{ ГПа}$ ,  $I_x = 2400 \text{ см}^4$ ). На массу действует виб-  
рационная нагрузки  $P(t) = P \cdot \sin pt$ ,  $p = 75 \text{ с}^{-1}$ .

Определите коэффициент динамичности упругой системы.

57. Сосредоточенная масса  $m = 100 \text{ кг}$  расположена в точке  $z = a = 2 \text{ м}$  балки длины  $l = 6 \text{ м}$ . ( $E = 200 \text{ ГПа}$ ,  $I_x = 2400 \text{ см}^4$ ). Определите частоту  
вибрационной нагрузки  $P(t) = P \cdot \sin pt$ , если коэффициент динамичности  
равен  $\mu_0 = 2$ .

58. Сосредоточенная масса  $m = 200 \text{ кг}$  расположена в точке  $z = a = 4 \text{ м}$  балки длины  $l = 8 \text{ м}$ . ( $E = 200 \text{ ГПа}$ ,  $I_x = 2400 \text{ см}^4$ ). Определите частоту  
вибрационной нагрузки  $P(t) = P \cdot \sin pt$ , если коэффициент динамичности  
равен  $\mu_0 = 3$ .

59. Сосредоточенная масса  $m = 250 \text{ кг}$  расположена в точке  $z = a \text{ м}$  балки  
длины  $l = 8 \text{ м}$ . ( $E = 200 \text{ ГПа}$ ,  $I_x = 2400 \text{ см}^4$ ). На массу действует виб-  
рационная нагрузка  $P(t) = P \cdot \sin pt$ ,  $p = 100 \text{ с}^{-1}$ . Определите место распо-

жения вибратора на балке, чтобы коэффициент динамичности системы был бы равен  $\mu_0 = 2$ , если частота собственных колебаний больше частоты внешней нагрузки.

60. Сосредоточенная масса  $m = 100\text{кг}$  расположена в точке  $z = a$  м балки длины  $l = 8\text{м}$ . ( $E = 200\text{ГПа}$ ,  $I_x = 2400\text{см}^4$ ). На массу действует вибрационная нагрузка  $P(t) = P \cdot \sin pt$ ,  $p = 250\text{с}^{-1}$ . Определите место расположения вибратора на балке, чтобы коэффициент динамичности системы был бы равен  $\mu_0 = 10$ , если частота собственных колебаний больше частоты внешней нагрузки.

61. Что понимается под устойчивостью сооружения?

1. Это способность сооружения сохранять свое первоначальное положение при любых внешних воздействиях на него.
2. Это способность сооружения сохранять свое первоначальное положение и соответствующую нагрузке первоначальную форму равновесия в деформированном состоянии.
3. Это способность сооружения сохранять свое первоначальную форму равновесия в деформированном состоянии, если внешние нагрузки не меняются.
4. Это способность сооружения сохранять несущую способность в деформированном своем состоянии.

62. Если сооружение является устойчивым, то деформации и перемещения, возникающие при случайных внешних воздействиях на него, при исчезновении этих воздействий (закончить фразу) ...

1. перемещения восстанавливаются для ударных нагрузок;
2. остаются такими, что получились при деформации;
3. деформации восстанавливаются для вибрационной нагрузки;
4. восстанавливаются частично или полностью;

63. Какое состояние сооружения называется неустойчивым?

1. Это такое состояние сооружения, когда сколь угодно малое отклонение элементов сооружения от исследуемого состояния равновесия не восстанавливает это состояние при снятии внешней нагрузки.
2. Это такое состояние сооружения, когда малое отклонение элемента сооружения от исследуемого состояния его равновесия не восстанавливается, хотя сооружение сохраняет положение равновесия.
3. Это такое состояние сооружения, когда сколь угодно малое отклонение элементов сооружения от исследуемого состояния равновесия приводит к потере формы равновесия.

4. Это такое состояние сооружения, когда сколь угодно малое отклонение элементов сооружения от исследуемого состояния равновесия приводит к разрушению сооружения.

64. Какие из нижеприведенных потерь устойчивости можно отнести к потере устойчивости положения?

- а) сдвиг подпорной стенки;
- б) обрыв линии электропередачи (троса крана, ...);
- в) опрокидывание подпорки;
- г) вздутие резервуара (нефтехранилище, водный резервуар, ...)
- д) смятие кровли под действием снеговой нагрузки.

65. Запишите формулу Эйлера для критической нагрузки центрально-сжатого стержня

66. Как учитывается способ закрепления концов стержня (колонны) при определении критической силы Эйлера?

67. В каких пределах справедлива формула Эйлера?

68. Как выполняется непосредственная проверка устойчивости стержня при сжатии согласно формуле?

69. Можно ли выполнить подбор сечения колонны (стержня), если известна продольная сила сжатия  $N$  и способ подбора коэффициента продольного сжатия  $\varphi$  в зависимости от гибкости  $\lambda$ ?

70. Как определить эксплуатационную способность колонны, пользуясь формулой устойчивости сжатию стержня?

71. Уравнение собственных частот грузов  $m_1$  и  $m_2$  на колонне, защемленной снизу, имеет вид:

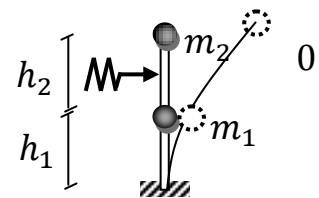
$$\frac{1}{\omega^4} - (m_1\delta_{11} + m_2\delta_{22}) \frac{1}{\omega^2} + m_1m_2(\delta_{11}\delta_{22} - \delta_{12}^2) = 0$$

где:

$$\delta_{11} = \frac{h_1^3}{3EI}, \quad \delta_{22} = \frac{(h_1+h_2)^3}{3EI}, \quad \delta_{12} = \frac{h_1^2}{2} \left( \frac{2h_1}{3} + h_2 \right)$$

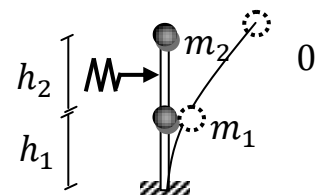
Определите главные частоты колебаний колонны, если:

$$h_1 = h, \quad h_2 = h, \quad m_1 = m, \quad m_2 = m.$$



72. Уравнение собственных частот грузов  $m_1$  и  $m_2$  на колонне, защемленной снизу, имеет вид:

$$\frac{1}{\omega^4} - (m_1\delta_{11} + m_2\delta_{22}) \frac{1}{\omega^2} + m_1m_2(\delta_{11}\delta_{22} - \delta_{12}^2) = 0$$



где:

$$\delta_{11} = \frac{h_1^3}{3EI}, \quad \delta_{22} = \frac{(h_1+h_2)^3}{3EI}, \quad \delta_{12} = \frac{h_1^2}{2} \left( \frac{2h_1}{3} + h_2 \right)$$

Определите главные частоты колебаний колонны, если:

$$h_1 = h, \quad h_2 = 2h, \quad m_1 = m, \quad m_2 = m.$$

73. Уравнение собственных частот грузов  $m_1$  и  $m_2$  на колонне, защемленной снизу, имеет вид:

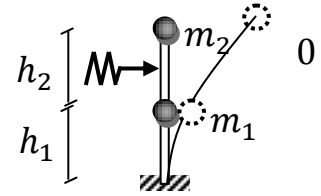
$$\frac{1}{\omega^4} - (m_1\delta_{11} + m_2\delta_{22}) \frac{1}{\omega^2} + m_1m_2(\delta_{11}\delta_{22} - \delta_{12}^2) =$$

где:

$$\delta_{11} = \frac{h_1^3}{3EI}, \quad \delta_{22} = \frac{(h_1+h_2)^3}{3EI}, \quad \delta_{12} = \frac{h_1^2}{2} \left( \frac{2h_1}{3} + h_2 \right)$$

Определите главные частоты колебаний колонны, если:

$$h_1 = 2h, \quad h_2 = h, \quad m_1 = m, \quad m_2 = m.$$



74. Уравнение собственных частот грузов  $m_1$  и  $m_2$  на колонне, защемленной снизу, имеет вид:

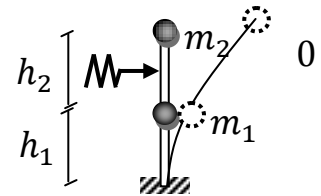
$$\frac{1}{\omega^4} - (m_1\delta_{11} + m_2\delta_{22}) \frac{1}{\omega^2} + m_1m_2(\delta_{11}\delta_{22} - \delta_{12}^2) =$$

где:

$$\delta_{11} = \frac{h_1^3}{3EI}, \quad \delta_{22} = \frac{(h_1+h_2)^3}{3EI}, \quad \delta_{12} = \frac{h_1^2}{2} \left( \frac{2h_1}{3} + h_2 \right)$$

Определите главные частоты колебаний колонны, если:

$$h_1 = h, \quad h_2 = h, \quad m_1 = m, \quad m_2 = 2m.$$



75. Уравнение собственных частот грузов  $m_1$  и  $m_2$  на колонне, защемленной снизу, имеет вид:

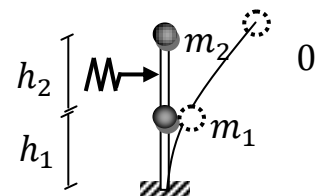
$$\frac{1}{\omega^4} - (m_1\delta_{11} + m_2\delta_{22}) \frac{1}{\omega^2} + m_1m_2(\delta_{11}\delta_{22} - \delta_{12}^2) =$$

где:

$$\delta_{11} = \frac{h_1^3}{3EI}, \quad \delta_{22} = \frac{(h_1+h_2)^3}{3EI}, \quad \delta_{12} = \frac{h_1^2}{2} \left( \frac{2h_1}{3} + h_2 \right)$$

Определите главные частоты колебаний колонны, если:

$$h_1 = h, \quad h_2 = h, \quad m_1 = 2m, \quad m_2 = m.$$

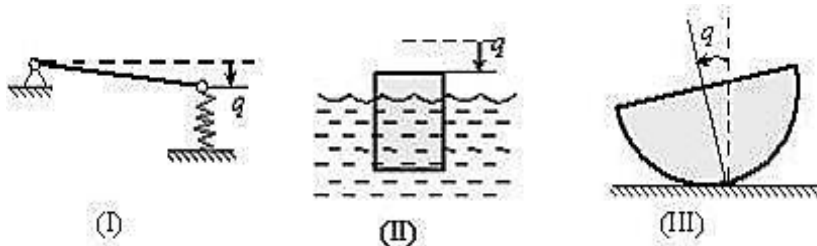


**Ответы:**

№ п/п	ОТВЕТ	№ п/п	ОТВЕТ	№ п/п	ОТВЕТ
1	3	26	1	51	3
2	2	27	2	52	2
3	1	28	3	53	3
4	4	29	4	54	1
5	2	30	3	55	2,26
6	4	31	4	56	3,37
7	2	32	1	57	1397 об/МИН
8	3	33	1	58	397,0 об/МИН
9	4	34	1	59	0,653 м
10	1	35	3	60	0,550 м
11	2	36	4	61	2
12	1	37	2	62	4
13	3	38	4	63	1
14	1 кг	39	1	64	а) –в) - с)
15	1000 $\text{кг} \cdot \text{см}^{-2}$	40	2	65	$F_{cr} = \pi^2 \cdot EJ_{min}/(\mu l)^2$
16	2,53 кг	41	$134.16 \text{ с}^{-1}$	66	$l_{ef} = \mu \cdot l$
17	2,53 кг	42	$58.10 \text{ с}^{-1}$	67	$\lambda \geq \lambda_E = \frac{\pi \sqrt{E/\sigma_{pr}}}{\pi \sqrt{E/\sigma_{pr}}}$
18	$3,95 \cdot 10^4$ $\text{кг} \cdot \text{см}^{-2}$	43	$17.21 \text{ с}^{-1}$	68	$N/(\varphi A) \leq \gamma_c R$
19	$3,95 \cdot 10^6$ $\text{кг} \cdot \text{см}^{-2}$	44	0.059 с	69	$A \geq N/(\varphi \gamma_c R)$
20	0,2 м	45	0.086 с	70	$N \leq \varphi \cdot \gamma_c R \cdot A$
21	0,2 м	46	0,196 с	71	$\omega_1 = 0.584 \text{ с}^{-1}$ $\omega_2 = 2.590 \text{ с}^{-1}$
22	1	47	3	72	$\omega_1 = 0.330 \text{ с}^{-1}$ $\omega_2 = 2.744 \text{ с}^{-1}$
23	2	48	1988 об/МИН	73	$\omega_1 = 0.298 \text{ с}^{-1}$ $\omega_2 = 1.732 \text{ с}^{-1}$
24	4	49	2982 об/МИН	74	$\omega_1 = 1.225 \text{ с}^{-1}$ $\omega_2 = 2.590 \text{ с}^{-1}$
25	3	50	1	75	$\omega_1 = 0.558 \text{ с}^{-1}$ $\omega_2 = 2.874 \text{ с}^{-1}$

**ЗАДАНИЕ № 49** (  - выберите один вариант ответа).

На рисунке – схемы трёх механических систем с одной степенью свободы;  $q$  - обобщенная координата; штриховая прямая соответствует положению равновесия  $q = 0$ ; рассеяние энергии при движении не учитывается.



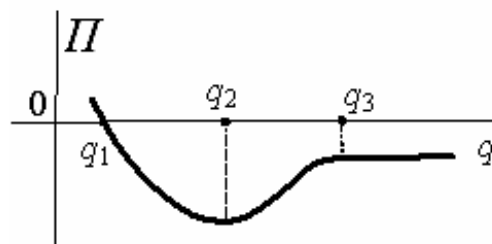
После малого начального возмущения  $q_0, \dot{q}_0$  будут двигаться согласно уравнению  $q = A \sin(kt + \alpha)$ , (где  $A$  и  $\alpha$  зависят от  $q_0, \dot{q}_0$ , а  $k$  – постоянная) системы....

**ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:**

- |               |          |
|---------------|----------|
| 1) I, II, III | 2) I     |
| 3) I, III     | 4) I, II |

**ЗАДАНИЕ № 50** (  - выберите один вариант ответа).

Для механической системы с одной степенью свободы зависимость потенциальной энергии  $\Pi$  от значений обобщенной координаты  $q$  представлена на рисунке.



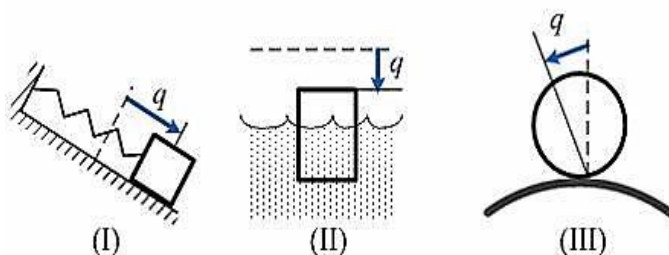
Устойчивым положениям равновесия этой механической системы соответствуют значения обобщенной координаты....

**ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:**

- |          |                 |
|----------|-----------------|
| 1) $q_2$ | 2) $q_1$        |
| 3) $q_3$ | 4) $q \geq q_3$ |

**ЗАДАНИЕ № 51** (  - выберите один вариант ответа).

На рисунке – схемы трёх механических систем с одной степенью свободы;  $q$  - обобщенная координата; штриховая прямая соответствует положению равновесия  $q = 0$ ; рассеяние энергии при движении не учитывается.



После малого начального возмущения  $q_0, \dot{q}_0$  будут двигаться согласно уравнению  $q = A \sin(kt + \alpha)$ , (где  $A$  и  $\alpha$  зависят от  $q_0, \dot{q}_0$ , а  $k$  – постоянная) системы....

**ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:**

- 1) I, II
- 2) I, III
- 3) I
- 4) I, II, III

**ЗАДАНИЕ № 52** (  - выберите один вариант ответа).

Механическая система совершает колебания описываемые законом  $q = 3\sin 4t + 5\cos 4t$ .

Дифференциальное уравнение движения этой системы имеет вид...

**ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:**

- 1)  $\ddot{q} + 34q = 0$
- 2)  $\ddot{q} + 9q = 0$
- 3)  $\ddot{q} + 25q = 0$
- 4)  $\ddot{q} + 16q = 0$

**ЗАДАНИЕ № 53** (  - выберите один вариант ответа).

Механическая система совершает колебания описываемые законом  $q = 8\sin 6t + 5\cos 6t$ .

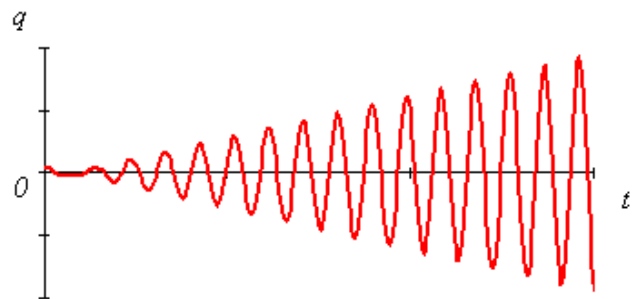
Дифференциальное уравнение движения этой системы имеет вид...

**ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:**

- 1)  $\ddot{q} + 25q = 0$
- 2)  $\ddot{q} + 64q = 0$
- 3)  $\ddot{q} + 49q = 0$
- 4)  $\ddot{q} + 36q = 0$

**ЗАДАНИЕ № 54** (  - выберите один вариант ответа).

На рисунке изображен график движения механической колебательной системы с одной степенью свободы ( $q$  – обобщенная координата,  $t$  – время). Начальные условия  $q(0) = q_0$ ,  $\dot{q}(0) = \dot{q}_1$



Дифференциальное уравнение движения этой системы...

**ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:**

- 1)  $\ddot{q} + k^2q = h_0 \sin(pt)$ ,  $k = p$
- 2)  $\ddot{q} + k^2q = h_0 \sin(pt)$ ;  $k \neq p$
- 3)  $\ddot{q} + 2n\dot{q} + k^2q = h_0 \sin(pt)$ ,  $n < k$ ,  $k \neq p$
- 4)  $\ddot{q} + 2n\dot{q} + k^2q = 0$ ,  $n < k$
- 5)  $\ddot{q} + k^2q = 0$

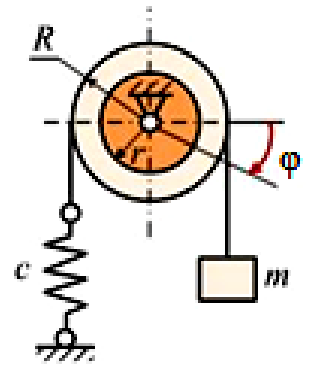
**ЗАДАНИЕ № 55** (  - выберите один вариант ответа).

Механическая система с одной степенью свободы совершает малые колебания. За обобщенную координату принят угол поворота шкива  $\varphi$ . Система состоит из ступенчатого шкива с отношением радиусов  $R/r = 2$ , груза массы  $m$  и пружины жесткости  $c$ . На рисунке механизм находится в равновесии при  $\varphi = 0$ . Принять:  $\sin\varphi = \varphi$ ,  $\cos\varphi = 1 - \varphi^2/2$ , считать  $\varphi$ ,  $\dot{\varphi}$  - малыми, массой шкива пренебрегаем.

**Дифференциальное уравнение малых колебаний** (Уравнение Лагранжа – II рода) имеет вид ...

**ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:**

- |   |   |
|---|---|
| 1) $\ddot{\varphi} + \frac{cr^2}{mR^2} \varphi = 0$ | 2) $\ddot{\varphi} + \frac{c}{m} \varphi = \frac{g}{r^2}$ |
| 3) $\ddot{\varphi} + \frac{cR^2}{mr^2} \varphi = 0$ | 4) $\ddot{\varphi} + \frac{c}{m} \varphi = 0$             |



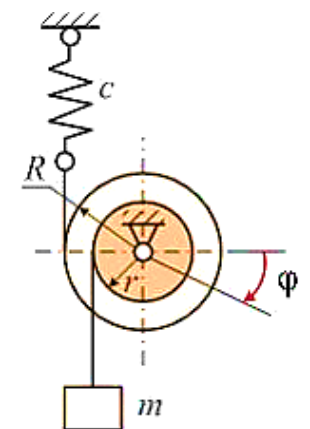
**ЗАДАНИЕ № 56** (  - выберите один вариант ответа).

Механическая система с одной степенью свободы совершает малые колебания. За обобщенную координату принят угол поворота шкива  $\varphi$ . Система состоит из ступенчатого шкива с отношением радиусов  $R/r = 2$ , груза массы  $m$  и пружины жесткости  $c$ . На рисунке механизм находится в равновесии при  $\varphi = 0$ . Считая  $\varphi$ ,  $\dot{\varphi}$  - малыми, принять:  $\sin\varphi = \varphi$ ,  $\cos\varphi = 1 - \varphi^2/2$ , массой шкива пренебрегаем.

**Дифференциальное уравнение малых колебаний** (Уравнение Лагранжа – II рода) имеет вид ...

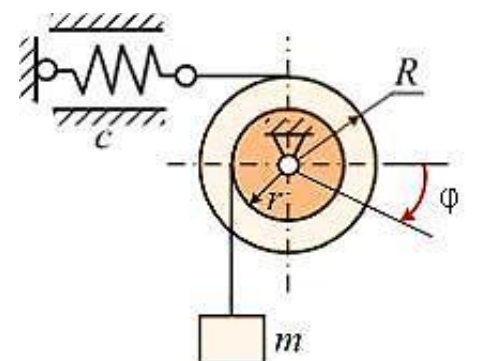
**ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:**

- |   |  |
|---|--|
| 1) $\ddot{\varphi} + \frac{c}{m} \varphi = \frac{g}{R^2}$ | 2) $\ddot{\varphi} + \frac{c}{m} \varphi = 0$  |
| 3) $\ddot{\varphi} + \frac{c}{4m} \varphi = 0$            | 4) $\ddot{\varphi} + \frac{4c}{m} \varphi = 0$ |



**ЗАДАНИЕ № 57** (  - выберите один вариант ответа).

Механическая система с одной степенью свободы совершает малые колебания. За обобщенную координату принят угол поворота шкива  $\varphi$ . Система состоит из ступенчатого шкива с отношением радиусов  $R/r = 3$ , груза массы  $m$  и пружины жесткости  $c$ . На рисунке механизм находится в равновесии при  $\varphi = 0$ . Считая  $\varphi$ ,  $\dot{\varphi}$  - малыми, принять:  $\sin\varphi = \varphi$ ,  $\cos\varphi = 1 - \varphi^2/2$ , массой шкива пренебрегаем.





**Дифференциальное уравнение малых колебаний** (Уравнение Лагранжа – II рода) имеет вид ...

**ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:**

1)  $\ddot{\varphi} + \frac{c}{m}\varphi = \frac{g}{R^2}$

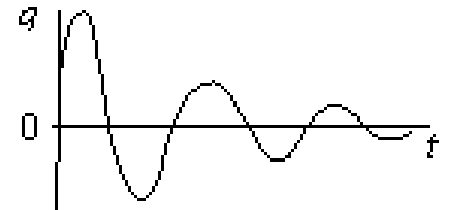
2)  $\ddot{\varphi} + \frac{c}{m}\varphi = 0$

3)  $\ddot{\varphi} + \frac{c}{4m}\varphi = 0$

4)  $\ddot{\varphi} + \frac{9c}{m}\varphi = 0$

**ЗАДАНИЕ № 58** (  - выберите один вариант ответа).

На рисунке изображен график движения механической колебательной системы с одной степенью свободы ( $q$  – обобщенная координата,  $t$  - время). Начальные условия  $q(0)$ ,  $\dot{q}(0)$ , выбраны произвольно.



**Дифференциальное уравнение движения** этой системы...

**ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:**

1)  $\ddot{q} + q = \sin 4t$

2)  $\ddot{q} = 4q$

3)  $\ddot{q} + \dot{q} + 2q = 0$

4)  $\ddot{q} = -q$

**ЗАДАНИЕ № 59** (  - выберите один вариант ответа).

В случае малых колебаний системы с двумя степенями свободы частоты  $\nu_1^2 = \frac{c_{11}}{a_{11}}$  и  $\nu_2^2 = \frac{c_{22}}{a_{22}}$  называются ..... частотами

**ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:**

1) средними

2) парциальными

3) собственными

4) независимыми

**ЗАДАНИЕ № 60** (  - выберите один вариант ответа).

Дифференциальные уравнения свободных колебаний механической системы с двумя степенями свободы имеют вид

$$\begin{cases} 4\ddot{q}_1 + 5q_1 + 6q_2 = 0 \\ 7\ddot{q}_2 + 6q_1 + 9q_2 = 0 \end{cases}$$

**Частотное уравнение для этой системы** имеет вид ...

**ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:**

1)  $\begin{vmatrix} (5 - \omega^2 4) & 6 \\ 6 & (9 - \omega^2 7) \end{vmatrix} = 0$

2)  $\begin{vmatrix} (6 - \omega^2 4) & 5 \\ 9 & (7 - \omega^2 8) \end{vmatrix} = 0$

3)  $\begin{vmatrix} (4 - \omega^2 5) & 6 \\ 7 & (8 - \omega^2 9) \end{vmatrix} = 0$

4)  $\begin{vmatrix} (4 - \omega^2 6) & 5 \\ 7 & (5 - \omega^2 8) \end{vmatrix} = 0$



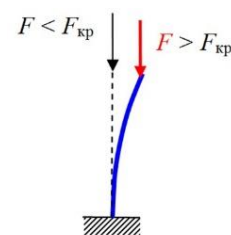


**ЗАДАНИЕ № 04.08.03.**

На рисунке показан ... изгиб стержня.

**ВАРИАНТЫ ОТВЕТА:**

- |               |           |
|---------------|-----------|
| 1) поперечный | 2) прямой |
| 3) продольный | 4) чистый |

**ЗАДАНИЕ № 04.08.04.**

Условие устойчивости при центральном продольном изгибе стержня с допускаемым коэффициентом запаса устойчивости  $[s_{уст}]$  имеет вид ...

**ВАРИАНТЫ ОТВЕТА:**

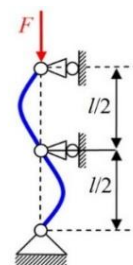
- |                                     |                                     |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 1) $F/A = \sigma_{кр}/[s_{уст}]$    | 2) $F/A \geq \sigma_{кр}/[s_{уст}]$ |
| 3) $F/A \leq \sigma_{кр}/[s_{уст}]$ | 4) $G/A \leq \sigma_{уст}/[n]$      |

**ЗАДАНИЕ № 04.08.05.**

Для показанного на рисунке продольного изгиба стержня коэффициент приведения длины сжатого стержня  $\mu$  равен ...

**ВАРИАНТЫ ОТВЕТА:**

- |        |        |
|--------|--------|
| 1) 1/2 | 2) 1/3 |
| 3) 1/4 | 4) 1   |

**ЗАДАНИЕ № 04.08.06.**

Продольный изгиб стержня при потере устойчивости происходит в плоскости ... жесткости.

**ВАРИАНТЫ ОТВЕТА:**

- |                 |            |
|-----------------|------------|
| 1) минимальной  | 2) нулевой |
| 3) максимальной | 4) средней |

**ЗАДАНИЕ № 04.08.07.**

Формула Эйлера для определения критической силы с учетом приведенной длины стержня имеет вид ...

**ВАРИАНТЫ ОТВЕТА:**

- |  |  |
|--|--|
| 1) $F_{кр} = \pi^2 G I_{\min} / (\mu l)^2$ | 2) $F_{кр} = \pi^2 G I_{\max} / (\mu l)^2$ |
| 3) $F_{кр} = \pi^2 E I_{\min} / (\mu l)^2$ | 4) $F_{кр} = \pi^2 \mu^2 I_{\min} / (l)^2$ |

**ЗАДАНИЕ № 04.08.08.**

Минимальный радиус инерции поперечного сечения прямого стержня при продольном изгибе равен ...

**ВАРИАНТЫ ОТВЕТА:**

- 1)  $i_{\min} = I_{\min}/A$                       2)  $i_{\min} = A/I_{\min}$   
 3)  $i_{\min} = (I_{\min})^{0.5}/A$                 4)  $i_{\min} = (I_{\min}/A)^{0.5}$

**ЗАДАНИЕ № 04.08.09.**

Стержнями малой гибкости называются стержни, для которых ...

**ВАРИАНТЫ ОТВЕТА:**

- 1) справедлива формула Ясинского            2) справедлива формула Эйлера  
 3) справедлива формула Журавского            4) не применима ни формула Эйлера, ни формула Ясинского

**ЗАДАНИЕ № 04.08.10.**

Назвать пропущенную величину в формуле Эйлера .....  $P_{\text{кр}} = \frac{\pi^2 \cdot \langle ? \rangle \cdot I_{\min}}{(\mu \cdot \ell)^2}$

**ВАРИАНТЫ ОТВЕТА:**

- 1) G -модуль сдвига;            2) M -изгибающий момент;  
 3) E -модуль упругости;        4) Q -поперечная сила.

**ЗАДАНИЕ № 04.08.11.**

Для показанного на рисунке продольного изгиба стержня коэффициент приведения длины сжатого стержня  $\mu$  равен ...

**ВАРИАНТЫ ОТВЕТА:**

- 1) 2                                      2) 0,5  
 3) 1                                      4) 0,7

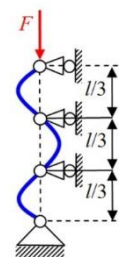


**ЗАДАНИЕ № 04.08.12.**

Для показанного на рисунке продольного изгиба стержня коэффициент приведения длины сжатого стержня  $\mu$  равен ...

**ВАРИАНТЫ ОТВЕТА:**

- 1) 1/4                                    2) 0,7  
 3) 1/3                                    4) 0,5

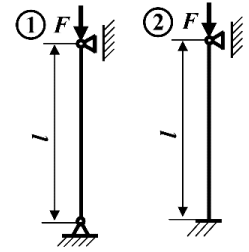


**ЗАДАНИЕ № 04.08.13.**

Как изменится коэффициент приведения длины стержня, при замене схемы 1 на схему 2?

**ВАРИАНТЫ ОТВЕТА:**

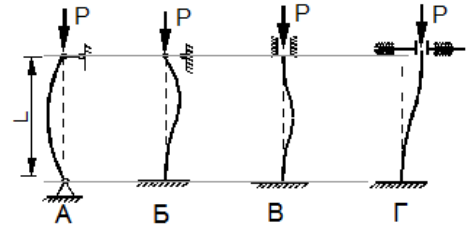
- 1) увеличиться в 1,4 раза    2) увеличиться в 2,7 раз  
 3) уменьшиться в 1,4 раза    4) уменьшиться в 2,7 раз

**ЗАДАНИЕ № 04.08.14.**

Какая колонна выдерживает большую силу?

**ВАРИАНТЫ ОТВЕТА:**

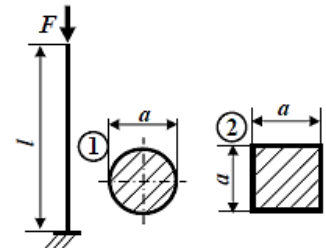
- 1) А;                                    2) Б;  
 3) В;                                    4) Г.

**ЗАДАНИЕ № 04.08.15.**

Как изменится гибкость стержня, если сечение 1 заменить на сечение 2?

**ВАРИАНТЫ ОТВЕТА:**

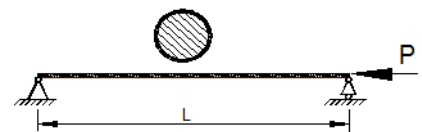
- 1) уменьшится в 3 раза    2) уменьшится в 1,15 раз  
 3) увеличиться в 1,5 раз    4) увеличиться в 3 раз

**ЗАДАНИЕ № 04.08.16.**

Рассчитать гибкость стержня круглого поперечного сечения, если его диаметр  $d=10$  см длина  $L=5$  м. ( $i=2,5$  см-радиус инерции сечения)

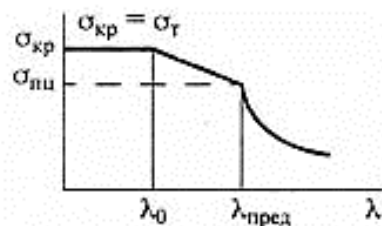
**ВАРИАНТЫ ОТВЕТА:**

- 1)  $\lambda = 82,8$ ;                            2)  $\lambda = 182,2$ ;  
 3)  $\lambda = 200$ ;                            4)  $\lambda = 388$ .



**ЗАДАНИЕ № 04.08.17.**

От каких параметров сжатого стержня (см. приведенный график) зависит величина предельной гибкости?

**ВАРИАНТЫ ОТВЕТА:**

- |                           |                     |
|---------------------------|---------------------|
| 1) от поперечного сечения | 2) от материала     |
| 3) от способа закрепления | 4) от длины стержня |

**ЗАДАНИЕ № 04.08.18.**

Для стали Ст3 модуль Юнга  $E=2 \cdot 10^5$  МПа, предел пропорциональности  $\sigma_{\text{пц}} = 196$  МПа. Определить предельную гибкость стержня.

**ВАРИАНТЫ ОТВЕТА:**

- |                                    |                                    |
|------------------------------------|------------------------------------|
| 1) $\lambda_{\text{пред}} = 95,1$  | 2) $\lambda_{\text{пред}} = 100,3$ |
| 3) $\lambda_{\text{пред}} = 125,3$ | 4) $\lambda_{\text{пред}} = 105,8$ |

**ЗАДАНИЕ № 04.08.19.**

Для хромомолибденовой стали модуль Юнга  $E = 2,15 \cdot 10^5$  МПа, предел пропорциональности  $\sigma_{\text{пц}} = 540$  МПа. Определить предельную гибкость стержня.

**ВАРИАНТЫ ОТВЕТА:**

- |                                    |                                    |
|------------------------------------|------------------------------------|
| 1) $\lambda_{\text{пред}} = 105,1$ | 2) $\lambda_{\text{пред}} = 100,9$ |
| 3) $\lambda_{\text{пред}} = 62,7$  | 4) $\lambda_{\text{пред}} = 95,5$  |

**ЗАДАНИЕ № 04.08.20.**

Наибольшая по модулю центрально приложенная сжимающая стержень сила, при которой прямолинейная форма равновесия стержня остается устойчивой, называется ... силой.

**ВАРИАНТЫ ОТВЕТА:**

- |                 |                |
|-----------------|----------------|
| 1) максимальной | 2) критической |
| 3) продольной   | 4) нормальной  |

**ЗАДАНИЕ № 04.08.21.**

Формула Эйлера для определения критической силы имеет вид ...

**ВАРИАНТЫ ОТВЕТА:**

- |   |   |
|---|---|
| 1) $F_{\text{кр}} = \pi G I_{\text{min}} / l^2$ | 2) $F_{\text{кр}} = \pi^2 E I_{\text{min}} / (\mu l)^2$ |
|---|---|



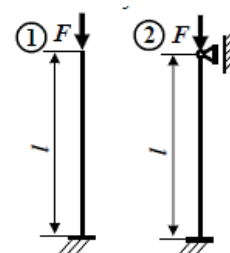


**ЗАДАНИЕ № 04.08.26.**

Как изменится коэффициент приведения длины стержня, при замене схемы 1 на схему 2?

**ВАРИАНТЫ ОТВЕТА:**

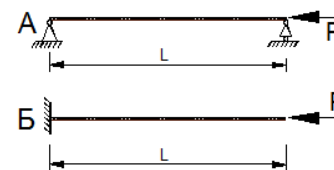
- 1) увеличиться в 2,9 раза    2) уменьшиться в 1,5 раза  
 3) увеличиться в 1,5 раз    4) уменьшится в 2,9 раз

**ЗАДАНИЕ № 04.08.27.**

Как изменится величина критической силы  $P_{кр}$  при замене схемы крепления концов с варианта А на вариант Б?

**ВАРИАНТЫ ОТВЕТА:**

- 1) у увеличится в 2 раза;    2) уменьшится в 2 раза;  
 3) уменьшится в 4 раза;    4) увеличится в 4 раза.

**ЗАДАНИЕ № 04.08.28.**

Если увеличить диаметр круглого бруса большой гибкости, нагруженного продольной сжимающей силой, в три раза, то критическая сила  $F_{кр}$  ...

**ВАРИАНТЫ ОТВЕТА:**

- 1) уменьшиться в 27 раз    2) уменьшиться в 3 раза  
 3) увеличиться в 81 раз    4) увеличиться в 9 раз

**ЗАДАНИЕ № 04.08.29.**

Если уменьшить длину стержня большой гибкости, нагруженного продольной силой, в три раза, то критическая сила  $F_{кр}$ ...

**ВАРИАНТЫ ОТВЕТА:**

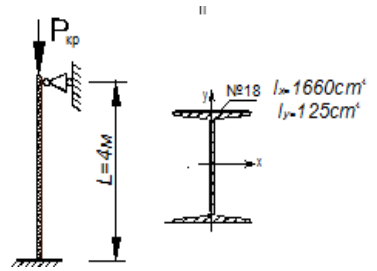
- 1) увеличиться в 9 раз    2) уменьшиться в 12 раз  
 3) уменьшиться в 3 раза    4) увеличиться в 6 раз

**ЗАДАНИЕ № 04.08.30.**

Рассчитать  $P_{кр}$  для стержня двутаврового сечения. Материал сталь  $E=2 \cdot 10^5$  МПа.

**ВАРИАНТЫ ОТВЕТА:**

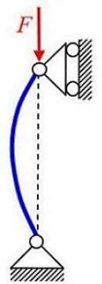
- 1)  $P_{кр}=100$  кН;                      2)  $P_{кр}=150$  кН;  
3)  $P_{кр}=200$  кН;                      4)  $P_{кр}=314,4$  кН.

**ЗАДАНИЕ № 04.08.31.**

Для показанного на рисунке стального прямого стержня большой гибкости (модуль Юнга  $E=2 \cdot 10^{11}$  Па) круглого поперечного сечения диаметром 1 см и длиной 1 м продольная критическая сила  $F_{кр}$  равна ...

**ВАРИАНТЫ ОТВЕТА:**

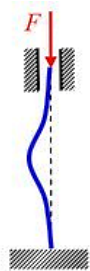
- 1) 1,23 кН                                  2) 3,29 кН  
3) 0,97 кН                                  4) 1,65 кН

**ЗАДАНИЕ № 04.08.32.**

Для показанного на рисунке стального прямого стержня большой гибкости (модуль Юнга  $E=2 \cdot 10^{11}$  Па) прямоугольного поперечного сечения 1 см  $\times$  2 см и длиной 1 м продольная критическая сила  $F_{кр}$  равна ...

**ВАРИАНТЫ ОТВЕТА:**

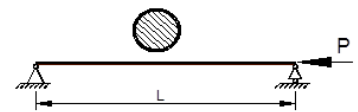
- 1) 3,29 кН                                  2) 5,17 кН  
3) 13,15 кН                                4) 20,67 кН

**ЗАДАНИЕ № 04.08.33.**

Рассчитать гибкость стержня круглого поперечного сечения, если его диаметр  $d=10$  см длина  $L=5$  м ( $i=2,5$  см – радиус инерции сечения)...

**ВАРИАНТЫ ОТВЕТА:**

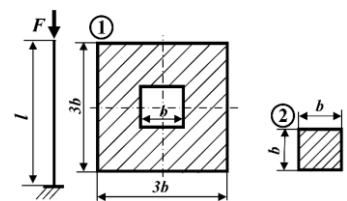
- 1) 82,5 кН                                  2) 182,2 кН  
3) 200 кН                                  4) 388 кН

**ЗАДАНИЕ № 04.08.34.**

Как изменится гибкость стержня, при замене сечения 1 на сечение 2?

**ВАРИАНТЫ ОТВЕТА:**

- 1) увеличиться в 2,3 раза    2) увеличиться в  $\sqrt{10}$



- 3) уменьшится в 1,15 ра-      раза  
за
- 4) уменьшиться в 3,16  
раза

**ЗАДАНИЕ № 04.08.35.**

Условие прочности при центральном продольном сжатии стержня из пластичной стали с допускаемым коэффициентом запаса прочности  $[n]$  имеет вид ...

**ВАРИАНТЫ ОТВЕТА:**

- 1)  $F_{сж}/A \leq \sigma_{в}/[n]$                       2)  $F_{сж}/A \geq \sigma_{тс}/[n]$
- 3)  $F_{сж}/A \leq \sigma_{тс}/[n]$                       4)  $F_{сж}/A \leq \sigma_{уст}/[n]$

**3.5 Задачи для практических занятий, домашнего задания и самостоятельной работы по МДК « Математические методы решения инженерных задач. Статика и динамика сооружений»**  
**РАСЧЕТ МНОГОПРОЛЕТНЫХ БАЛОК**

**ЗАДАНИЕ 1.1.** Для одной из многопролетных балок, изображенных на рис. 1.1 (схемы 1.2.1. ÷1.2.25) требуется:

- 1) построить эпюры внутренних силовых факторов и линии влияния внутренних усилий в сечении  $k$ ;
- 2) определить усилия в сечении  $k$  по линиям влияния от заданной нагрузки и сравнить их с усилиями на эпюрах;
- 3) найти максимальное и минимальное значение изгибающего момента в сечении  $k$  от подвижной системы связанных грузов, показанной на схеме 1.2.26.

Исходные данные для расчета принять из табл. 1.1.

**Таблица 1.1.**

Номер строки	Схемы балок рис. 1.1–1.25	$l$ , м	$M$ , кНм	$F$ , кН	$q$ , кН/м	Номер строки	Схемы балок рис. 1.1–1.25	$l$ , м	$M$ , кНм	$F$ , кН	$q$ , кН/м
01	1.2.1	2	6	4	2	15	1.2.16	4	6	8	1
02	1.2.2	3	5	5	1	16	1.2.17	3	7	5	4
03	1.2.3	4	4	3	3	17	1.2.18	1	8	3	2
04	1.2.4	2	6	6	4	18	1.2.19	2	9	4	5
05	1.2.5	2	8	7	2	19	1.2.20	5	10	8	3
06	1.2.6	4	10	2	1	20	1.2.21	3	4	9	1
07	1.2.7	3	7	8	3	21	1.2.22	2	5	2	3
08	1.2.8	5	10	3	2	22	1.2.23	4	8	3	2
09	1.2.9	1	9	4	1	23	1.2.24	2	7	5	4
10	1.2.10	2	8	7	4	24	1.2.25	1	6	7	5
11	1.2.11	4	7	8	5	25	1.2.1	5	4	6	2
12	1.2.12	3	6	3	2	26	1.2.2	5	2	5	3
13	1.2.13	2	5	6	4	27	1.2.3	3	5	2	5
14	1.2.14	5	2	5	3	28	1.2.4	4	6	8	1
15	1.2.15	3	5	2	5	29	1.2.5	3	7	5	4
	б	в	а	г	в		б	в	а	г	в

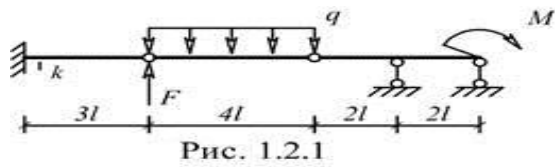


Рис. 1.2.1

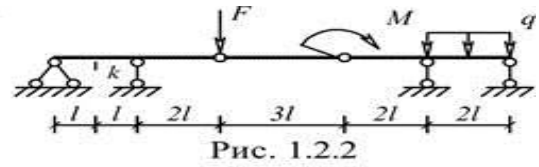


Рис. 1.2.2

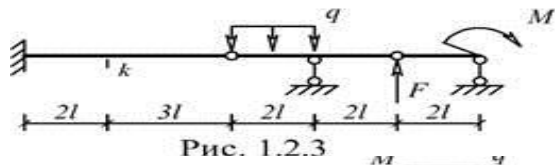


Рис. 1.2.3

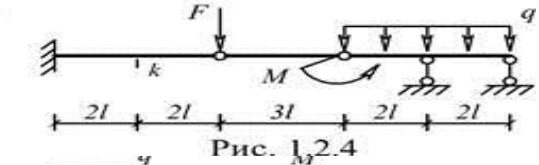


Рис. 1.2.4

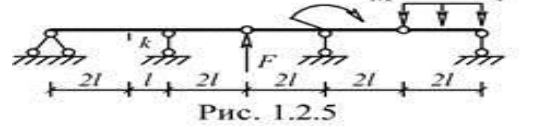


Рис. 1.2.5

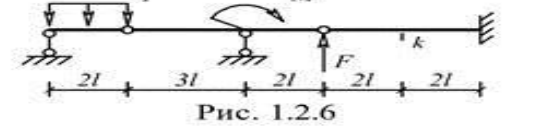


Рис. 1.2.6

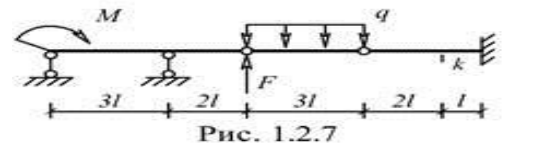


Рис. 1.2.7

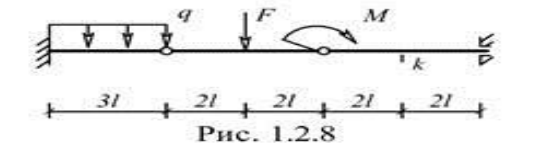


Рис. 1.2.8

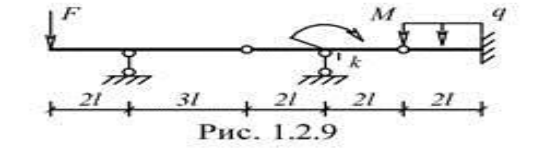


Рис. 1.2.9

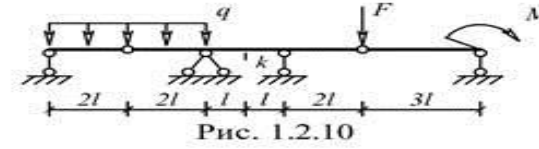


Рис. 1.2.10

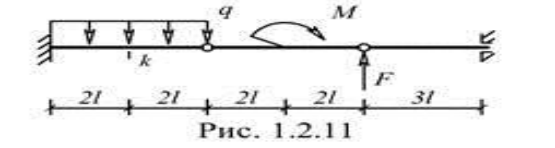


Рис. 1.2.11

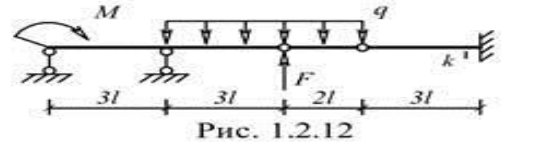


Рис. 1.2.12

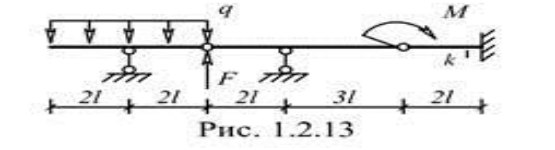


Рис. 1.2.13

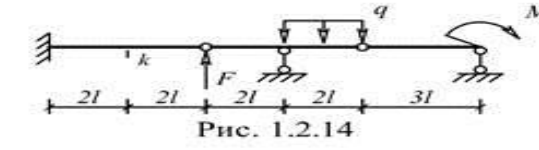


Рис. 1.2.14

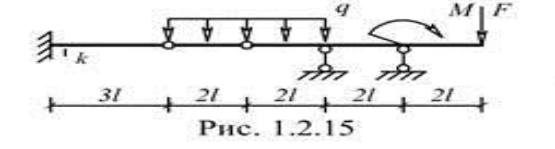


Рис. 1.2.15

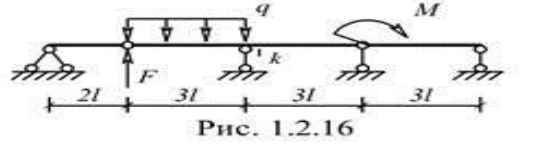


Рис. 1.2.16

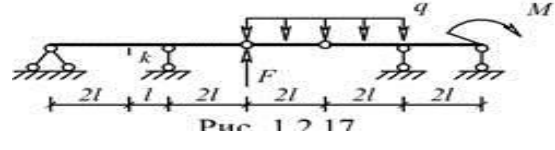


Рис. 1.2.17

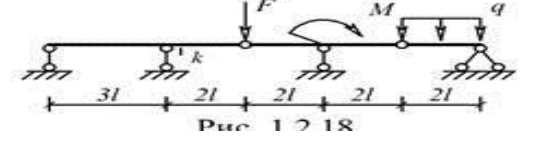


Рис. 1.2.18

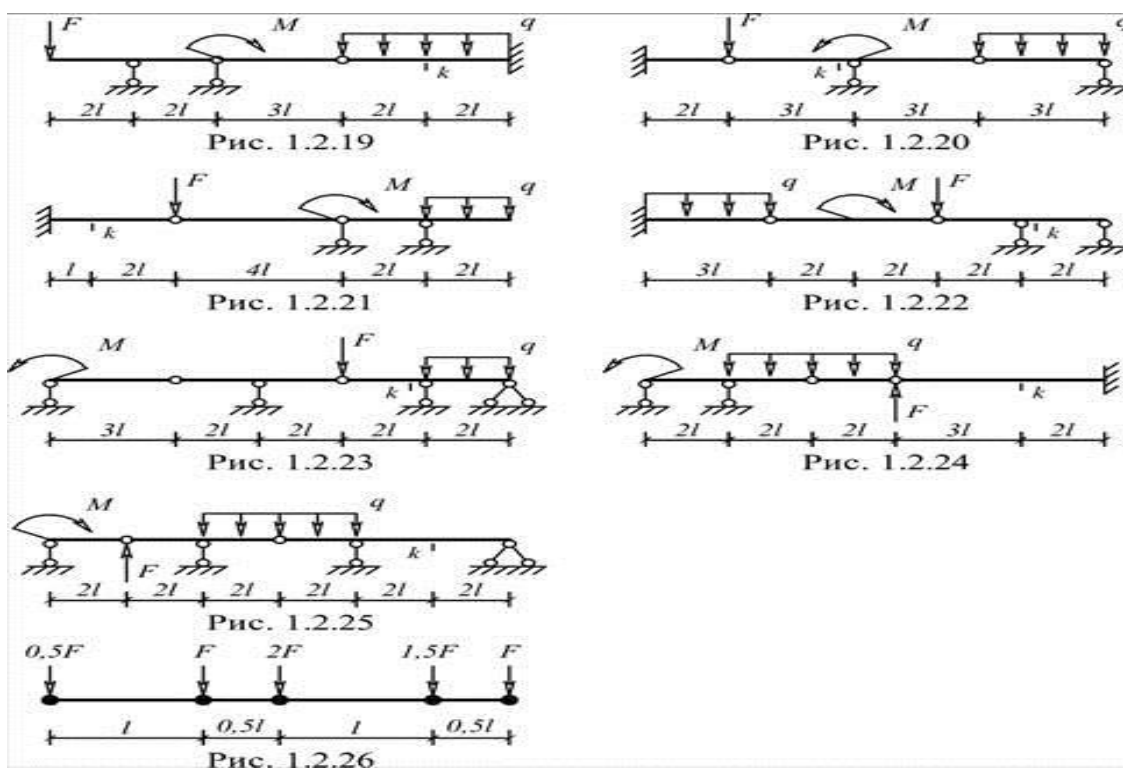


Рис. 1.1

## ЗАДАНИЕ ДОМАШНЕГО ПРАКТИКУМА (ЗДП) №1

**ЗАДАНИЕ 1.2.** Для одной из многопролетных балок, изображенных на рис. 1.2 требуется:

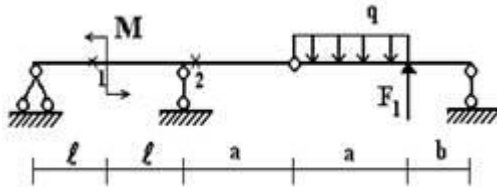
- 1) построить эпюры внутренних силовых факторов;
- 2) построить линии влияния  $M_1$ ;  $M_2$ ;  $Q_1$ ;  $R_B$ ;
- 3) определить усилия  $M_1$ ;  $M_2$  по линиям влияния.

Исходные данные для расчета принять из табл. 1.2.

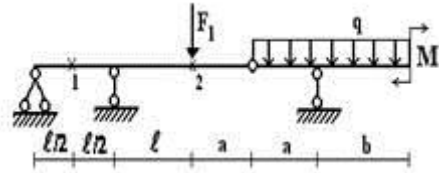
**Таблица 1.2.**

Номер строки	Номер схемы по рис. 2.1	$F_1$ , кН	$a$ , м	$b$ , м	$l$ , м	$M$ , кНм	$q$ , кН/м
01	1	12	1	2	2	24	5
02	2	10	2	2	3	16	4
03	3	12	3	2	4	12	6
04	4	6	2	3	2	18	2
05	5	8	1	3	5	20	4
06	6	10	3	1	6	12	2
07	7	6	2	2	3	12	3
08	8	8	1	2	2	12	6
09	9	6	2	1	4	16	5
10	10	12	1	3	3	10	6
11	11	11	1	2	5	12	6
12	12	12	3	3	1	18	2
13	13	10	2	3	2	20	4
14	14	12	1	1	4	12	2
15	15	6	2	2	5	12	3
16	16	8	1	2	3	12	6
17	17	10	2	1	2	18	5
18	18	6	3	2	5	20	6
19	19	8	2	2	3	12	2
20	20	6	1	3	2	12	4
21	21	12	3	3	1	12	2
22	22	12	2	1	3	16	3
23	23	13	1	2	4	10	6
24	24	14	1	2	5	12	5
25	25	12	3	1	3	18	6
26	26	10	2	3	2	20	6
27	27	12	1	2	1	12	2
28	28	6	2	3	3	24	4
29	29	8	1	3	5	16	2
30	30	10	2	1	4	12	3
31	31	6	3	2	2	18	6
32	32	8	2	2	1	20	5
33	33	6	1	1	3	12	6
34	34	12	3	3	6	12	2
	а	г	б	а	в	б	г

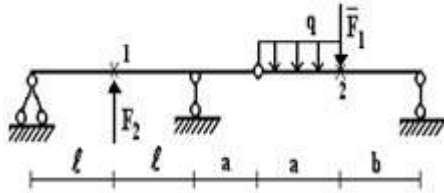
1 схема



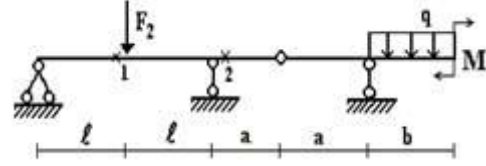
2 схема



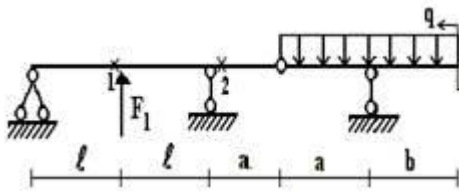
3 схема



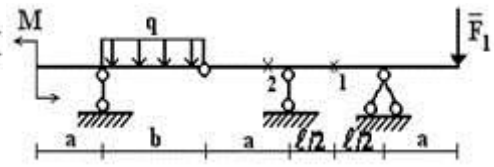
4 схема



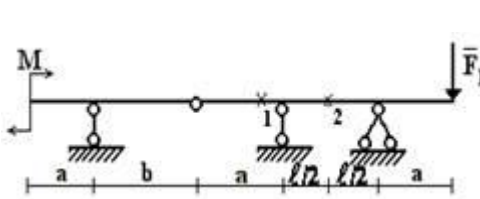
5 схема



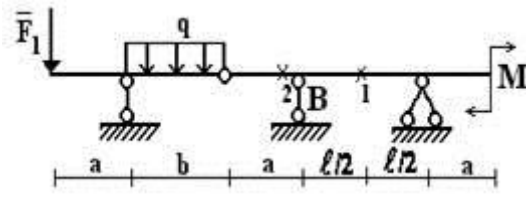
6 схема



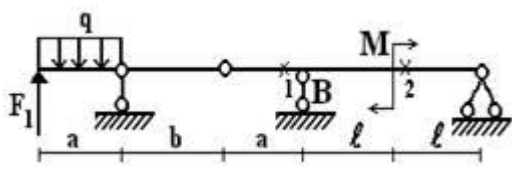
7 схема



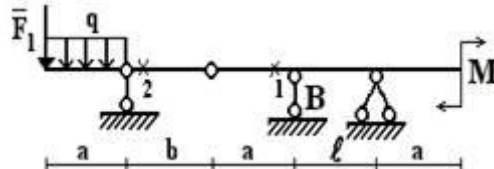
8 схема



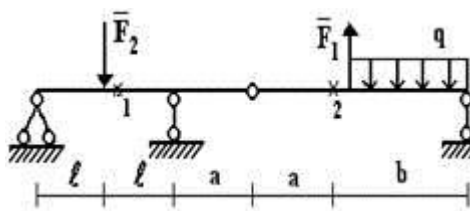
9 схема



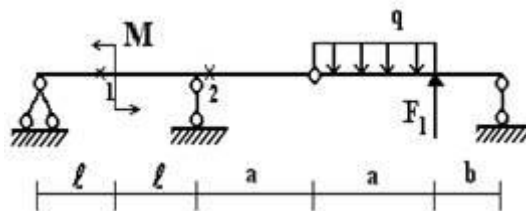
10 схема



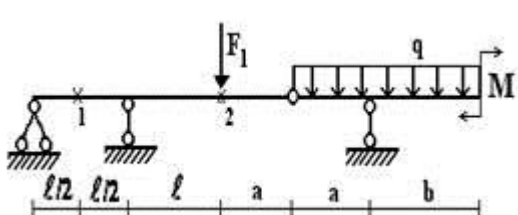
11 схема



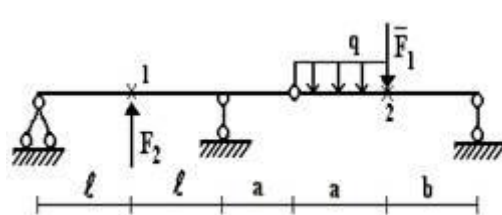
12 схема



13 схема

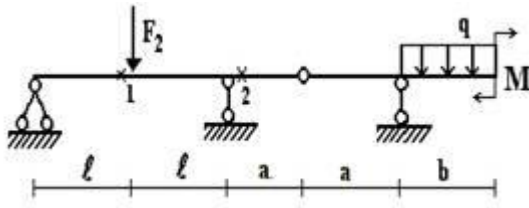


14 схема

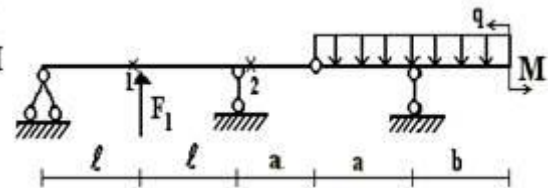




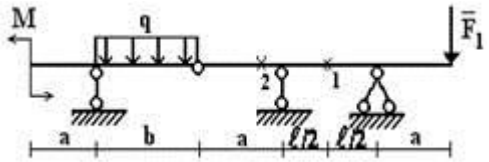
15 схема



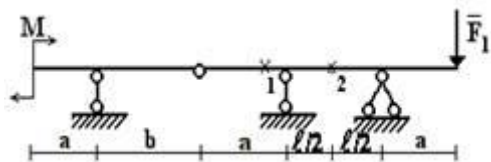
16 схема



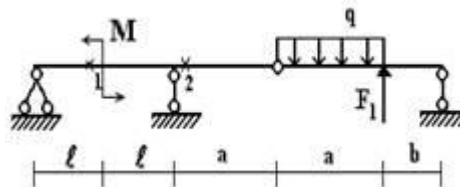
17 схема



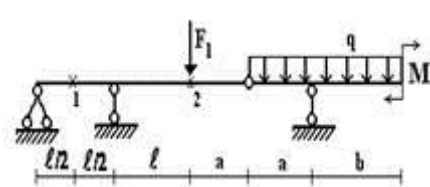
18 схема



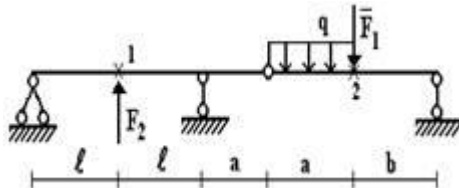
19 схема



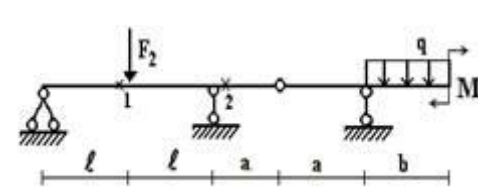
20 схема



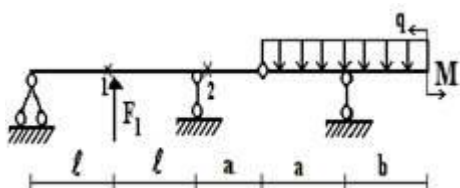
21 схема



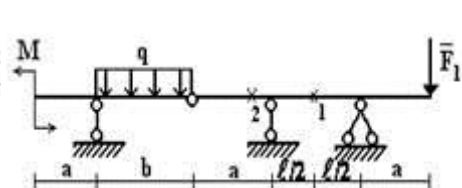
22 схема



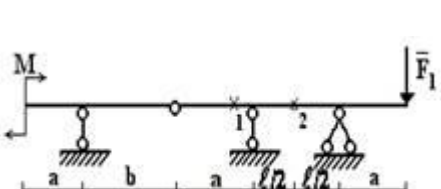
23 схема



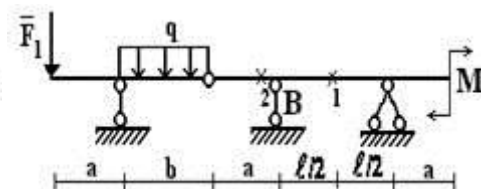
24 схема



25 схема



26 схема

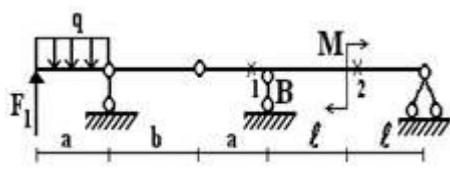


27 схема

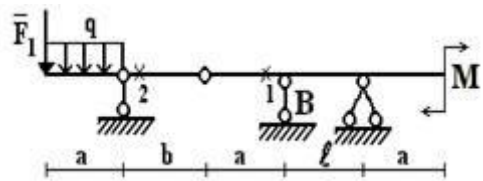


28 схема

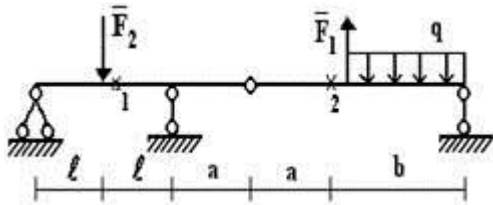




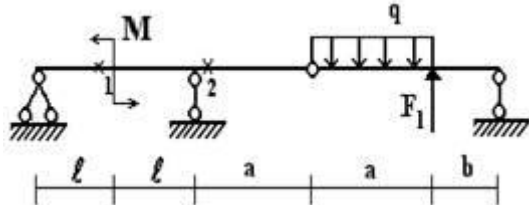
29 схема



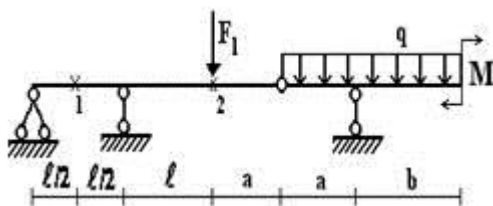
30 схема



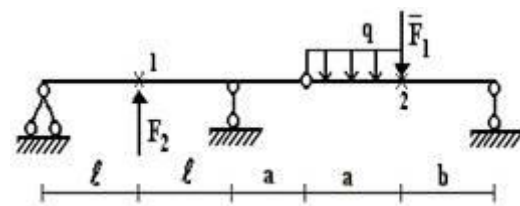
31 схема



32 схема



33 схема



34 схема

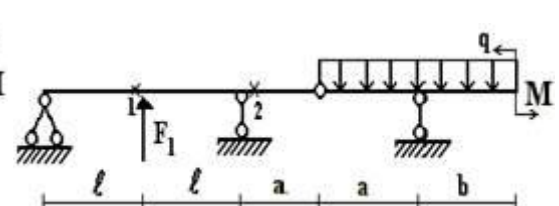
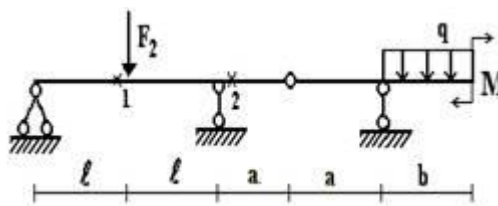


Рис. 1.2

**ЗАДАНИЕ 1.3.** Для балки, выбранной согласно варианту (рис. 1.3), требуется:

1) построить эпюры изгибающих моментов  $M$  и поперечных сил  $Q$  от заданной внешней нагрузки аналитически;

2) построить линии влияния изгибающего момента  $M$  и поперечной силы  $Q$  во всех сечениях, показанных на рис. 1.3, а также линию влияния опорной реакции  $R$  (по выбору) от действия подвижной нагрузки;

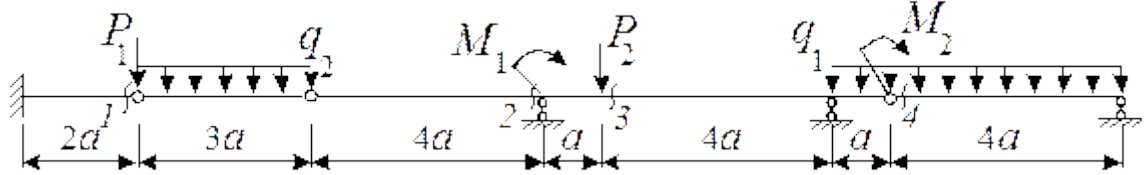
3) определить по линиям влияния изгибающий момент  $M$ , поперечную силу  $Q$  и опорную реакцию  $R$  от заданной внешней нагрузки и сравнить их со значениями, полученными в пункте 1).

Исходные данные выбираются из табл. 1.3

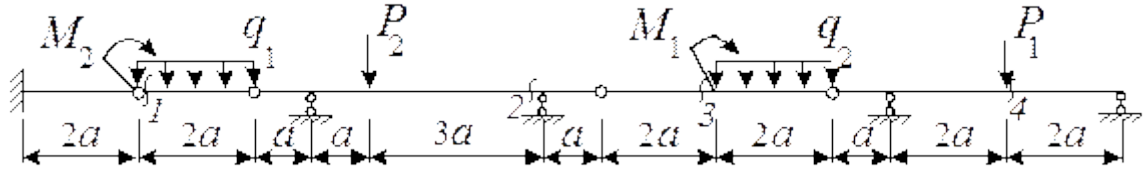
**Таблица 1.3.**

Номер строки	Номер схемы по рис. 1.3	$a$ , м	$q_1$ , кН/м	$q_2$ , кН/м	$P_1$ , кН	$P_2$ , кН	$M_1$ , кНм	$M_2$ , кНм
01	1	0,8	1,2	0	0	3,2	2,0	0
02	2	1,5	0	2,2	3,0	0	0	1,5
03	3	1,9	2,0	0	0	4,0	2,2	0
04	4	1,4	0	1,0	2,5	0	0	2,8
05	5	2,1	1,8	0	0	8,0	2,7	0
06	6	1,3	0	0,8	6,0	0	0	3,0
07	7	2,2	3,0	0	0	5,0	2,4	0
08	8	2,0	0	1,4	2,8	0	0	2,6
09	9	1,2	1,5	0	0	3,3	2,5	0
10	10	1,0	0	2,5	7,0	0	0	1,1
11	11	0,9	1,4	0	0	2,6	1,7	0
12	12	1,6	0	1,5	3,6	0	0	1,1
13	13	1,7	1,6	0	0	2,2	1,8	0
14	14	1,8	0	1,8	2,8	0	0	1,2
15	15	1,1	2,2	0	0	2,4	1,9	0
16	16	1,9	0	2,0	5,5	0	1,3	0
17	17	1,5	2,4	0	0	3,3	2,9	0
18	18	1,4	0	1,9	4,5	0	0	1,4
19	19	2,0	1,7	0	0	3,5	2,6	0
20	20	2,1	0	1,3	3,0	0	0	1,6
21	21	2,2	3,0	0	0	5,0	2,4	0
22	22	2,0	0	1,4	2,8	0	0	2,6
23	23	1,2	1,5	0	0	3,3	2,5	0
24	24	1,0	0	2,5	7,0	0	0	1,1
25	25	0,9	1,4	0	0	2,6	1,7	0
26	26	1,5	0	2,2	3,0	0	0	1,5
27	27	1,9	2,0	0	0	4,0	2,2	0
28	28	1,4	0	1,0	2,5	0	0	2,8
29	29	2,1	1,8	0	0	8,0	2,7	0
30	30	1,3	0	0,8	6,0	0	0	3,0
	а	г	б	а	в	б	г	а

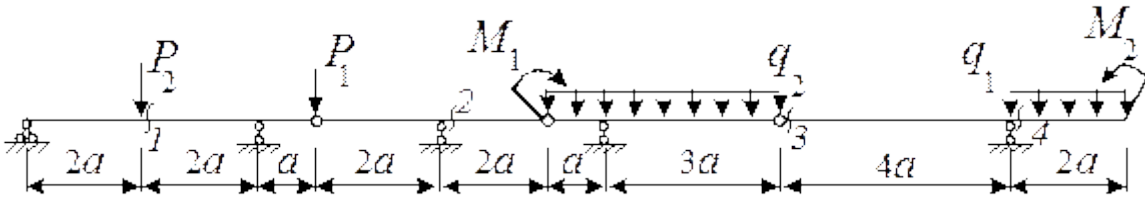
1 схема



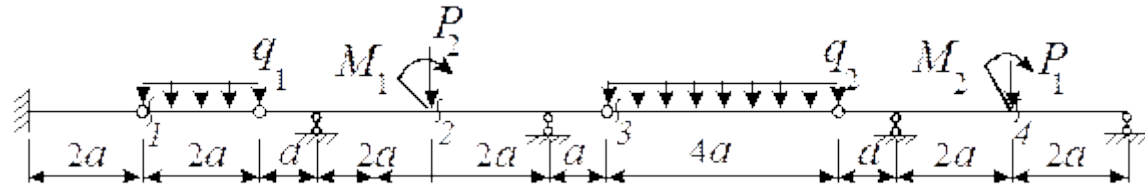
2 схема



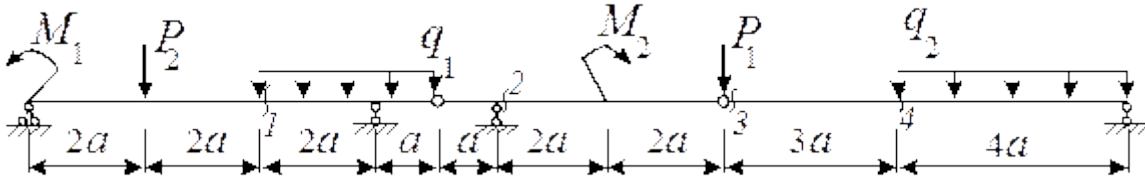
3 схема



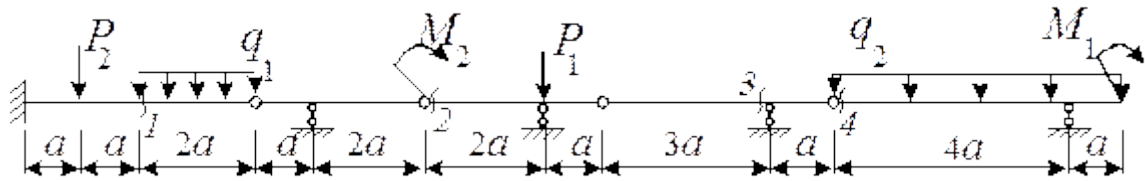
4 схема



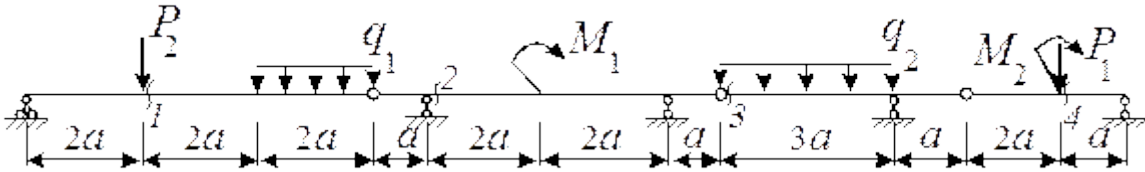
5 схема



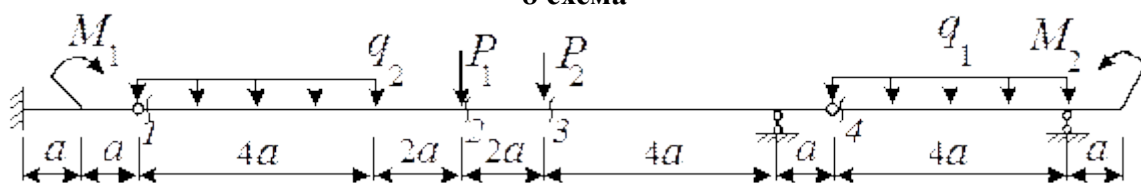
6 схема



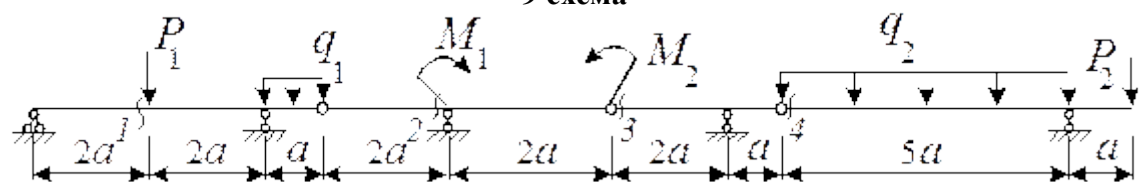
7 схема



8 схема



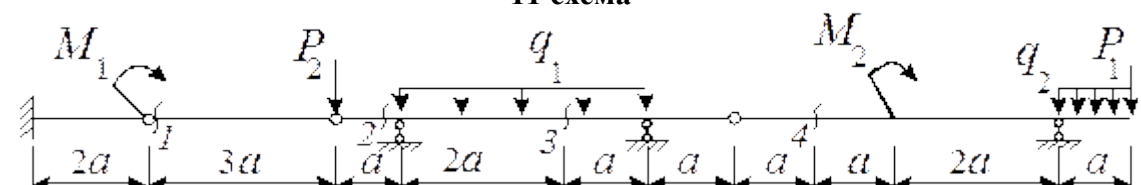
9 схема



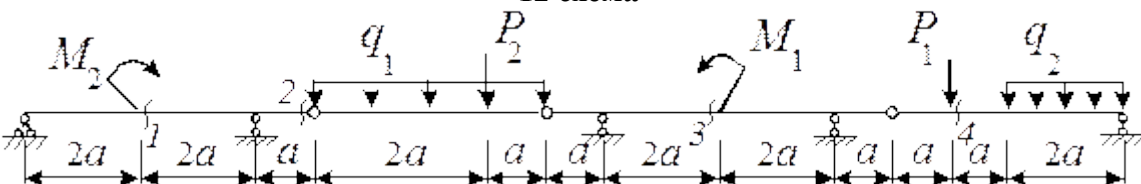
10 схема



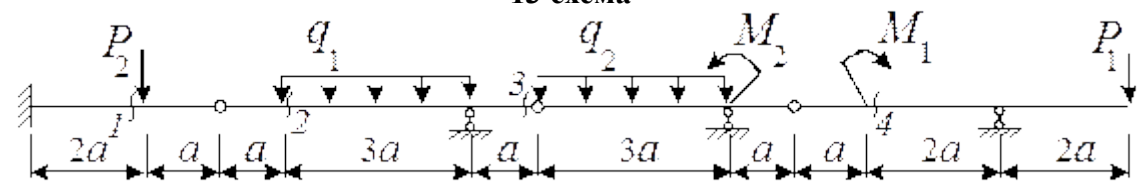
11 схема



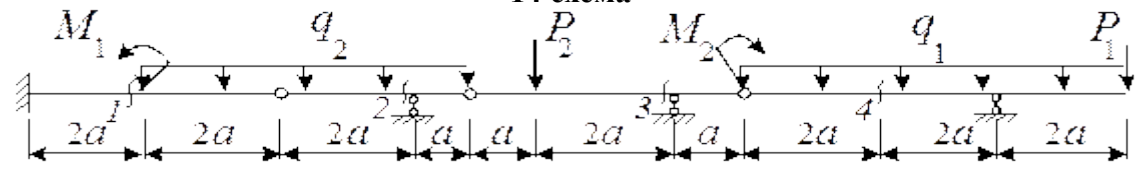
12 схема



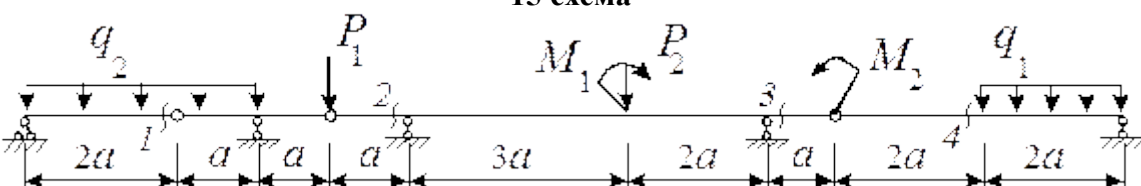
13 схема

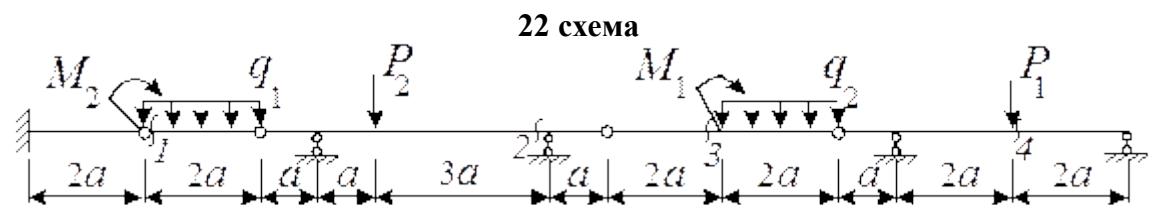
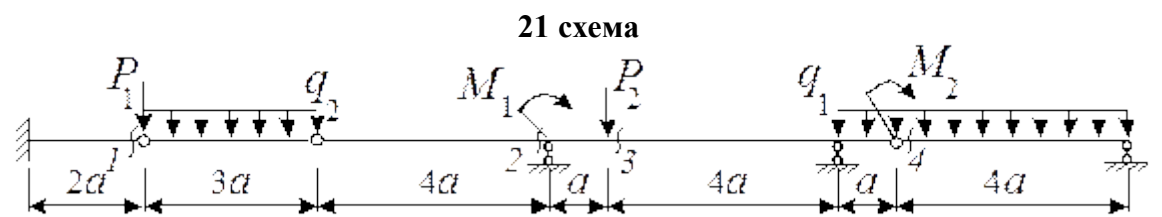
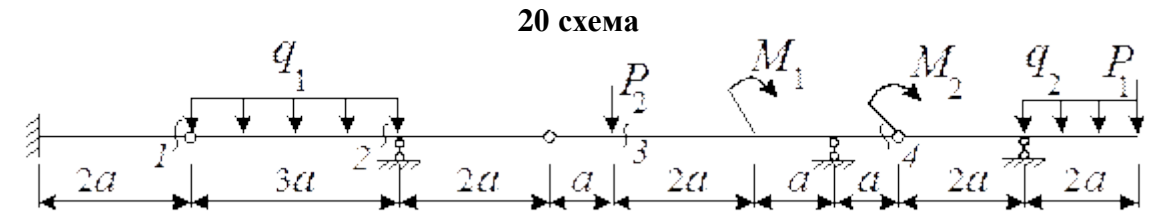
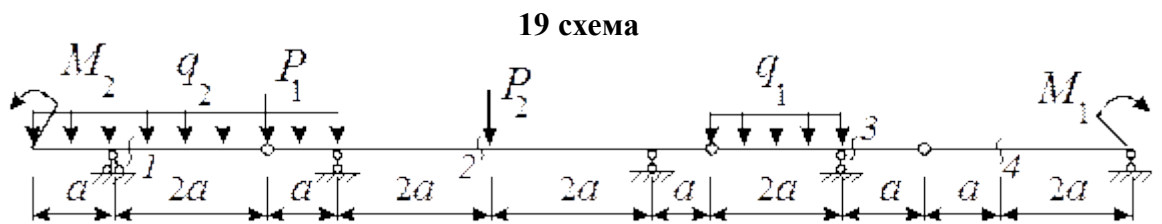
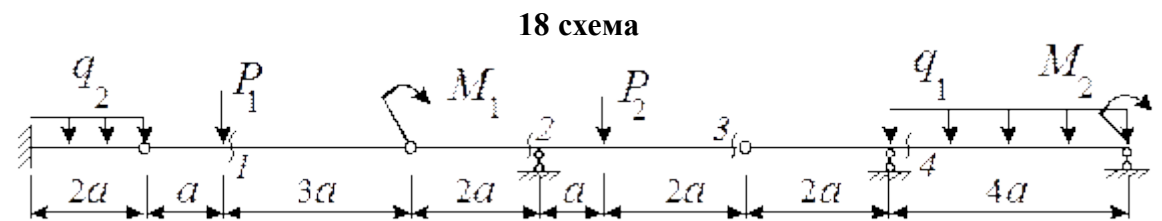
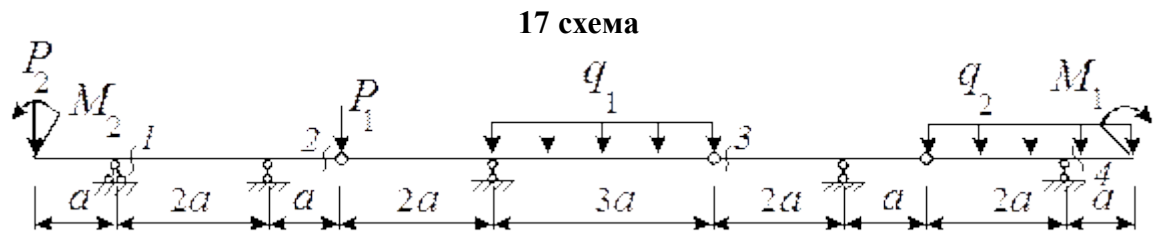
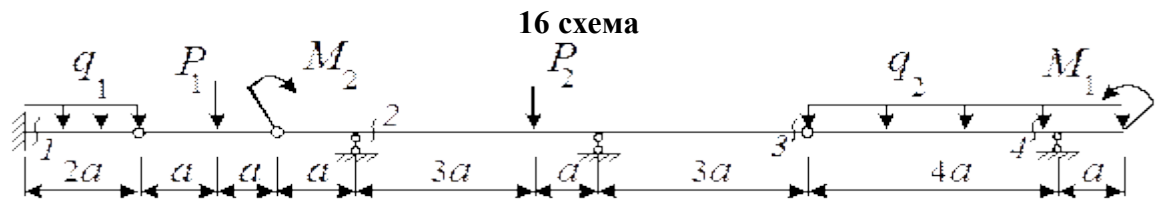


14 схема

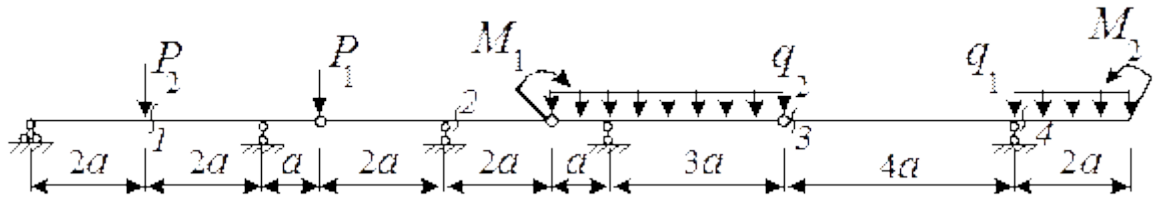


15 схема

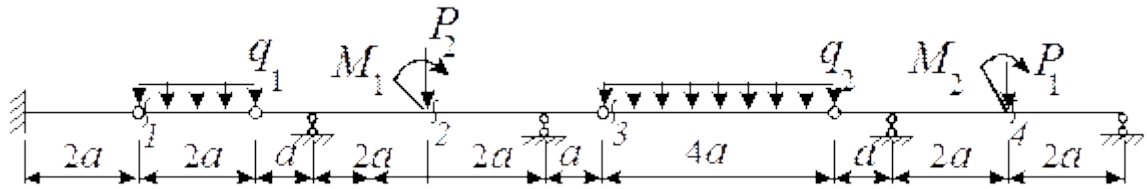




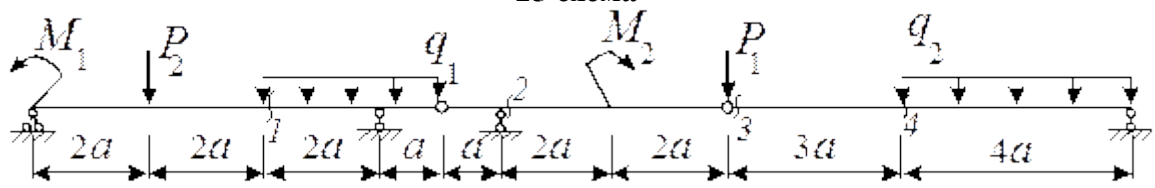
23 схема



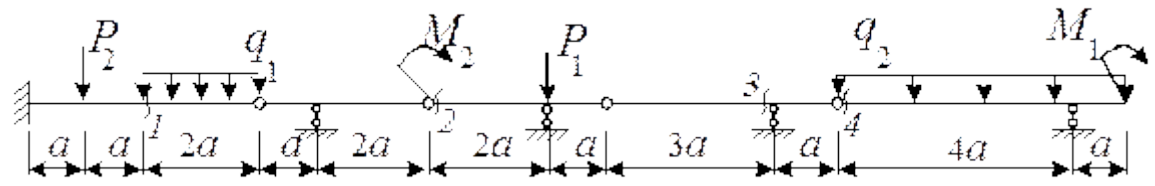
24 схема



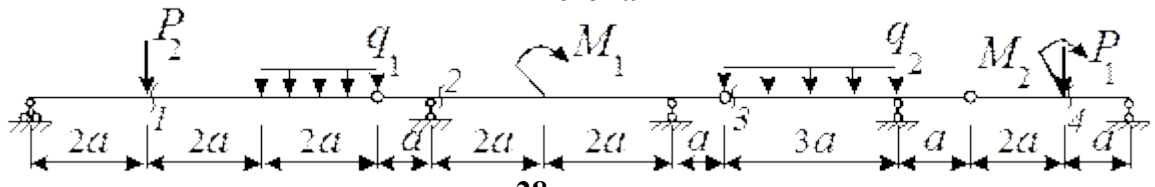
25 схема



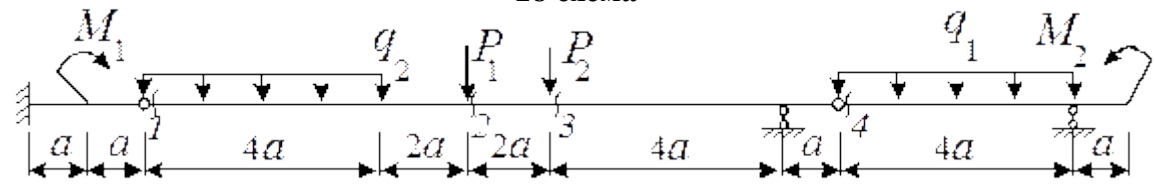
26 схема



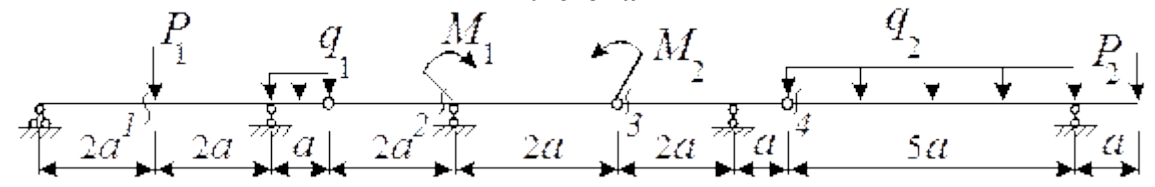
27 схема



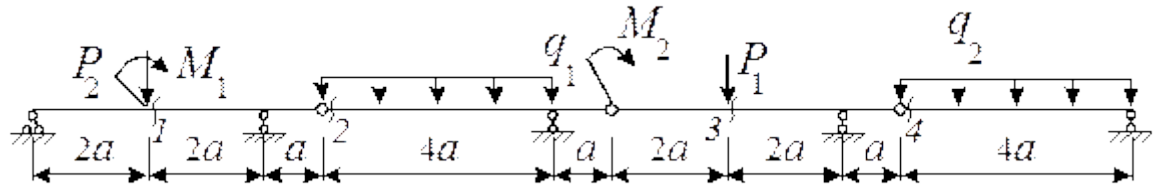
28 схема



29 схема



30 схема



### Пояснения к решению задачи

Для построения эпюр изгибающих моментов  $M$  и поперечных сил  $Q$  в многопролетных балках удобнее пользоваться схемой взаимодействия ("поэтажной" схемой), которую следует расположить непосредственно под схемой заданной балки. При построении "поэтажной" схемы нужно вначале выделить основные балки, что легко делается мысленным удалением шарниров, соединяющих балки между собой. Те балки, которые окажутся способными самостоятельно нести нагрузку (защемленные или имеющие две наземные опоры), будут основными.

Вспомогательные балки имеют только одну опору или не имеют их вовсе. Недостающими опорами для них служат соединительные шарниры. После построения "поэтажной" схемы заданную балку можно рассматривать как ряд самостоятельных балок. Особенность задачи заключается в том, что для расчета нижележащих балок необходимо знать силы взаимодействия в шарнирах, являющихся опорными реакциями для вышележащих балок и нагрузкой для нижележащих. Для расчета схемы каждой отдельной балки должны быть вычерчены отдельно, а эпюры изгибающих моментов  $M$  и поперечных сил  $Q$  можно строить на общей базе под "поэтажной" схемой. Ординаты эпюры моментов откладываются со стороны растянутых волокон (положительные вниз от оси). Знаков на эпюре моментов обычно не ставят, но обязательно надо проставлять значения характерных ординат с указанием размерности. При построении эпюры поперечных сил положительные ординаты откладываются вверх и на эпюрах обязательно проставляются знаки.

Линия влияния — это график, изображающий закон изменения какого-либо фактора в сечении при передвижении по сооружению силы  $P=1$ . Для построения любой линии влияния усилия в данном месте сооружения применим следующий статический метод: поставив груз в произвольное положение, определяемое абсциссой  $x$ , и используя условия равновесия, даем аналитическое выражение данного усилия; затем представляем это выражение в графической форме.

Необходимо вычертить "поэтажную" схему без заданной внешней нагрузки. В начале строится линия влияния искомого усилия в пределах той отдельной балки, к которой относится исследуемое сечение (или опора). Затем добавляется продолжение линии влияния, обусловленное взаимодействием отдельных балок.

Построенные линии влияния усилий можно использовать для отыскания их полных значений при действии на конструкцию сосредоточенных сил, распределенной нагрузки или внешнего момента. Величина  $S$  от действия сосредоточенных сил находится как сумма произведений сил на ординаты линии влияния, под ними расположенные. Величина  $S$  от равномерно распределенной нагрузки определяется произведением интенсивности нагрузки  $q$  на площадь, ограниченную линией влияния и осью абсцисс на участке действия нагрузки (площадь участка линии влияния). Величина  $S$  от действия внешне-



го момента равна произведению момента на тангенс угла наклона касательной к линии влияния в точке приложения этого момента (при возрастании ординат – знак плюс). При положительном моменте (по часовой стрелке) и убывании ординат нужно брать знак минус.

## РАСЧЕТ ПЛОСКИХ СТАТИЧЕСКИ ОПРЕДЕЛИМЫХ ШАРНИРНЫХ РАМ

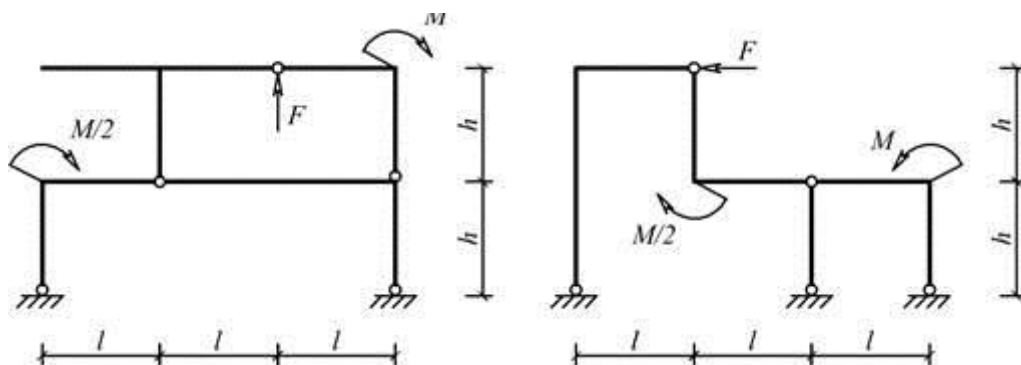
**ЗАДАНИЕ 2.1.** Для одной из рам, изображенных на рис. 2.1, требуется:

- 1) выполнить кинематический анализ;
- 2) определить реакции в связях, включая силы взаимодействия в шарнирах;
- 3) построить эпюры внутренних силовых факторов.

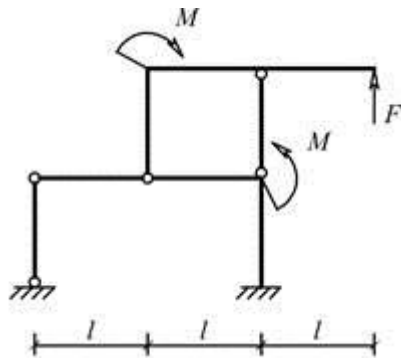
Исходные данные для расчета принять из табл. 2.1

**Таблица 2.1**

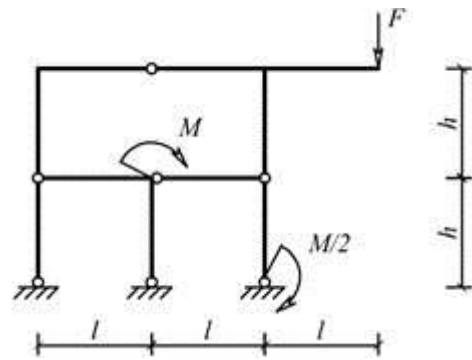
Номер строки	Схемы балок по рис. 2.1	h, м	l, м	M, кНм	F, кН	Номер строки	Схемы балок по рис. 2.1	h, м	l, м	M, кНм	F, кН
01	2.1.1	3	2	6	4	16	2.1.16	1	4	6	8
02	2.1.2	4	3	5	5	17	2.1.17	3	3	7	5
03	2.1.3	2	4	4	3	18	2.1.18	5	1	8	3
04	2.1.4	4	2	6	6	19	2.1.19	1	2	9	4
05	2.1.5	3	2	8	7	20	2.1.20	2	5	10	8
06	2.1.6	2	4	10	2	21	2.1.21	4	3	4	9
07	2.1.7	3	3	7	8	22	2.1.22	3	2	5	2
08	2.1.8	2	5	10	3	23	2.1.23	2	4	8	3
09	2.1.9	5	1	9	4	24	2.1.24	1	2	7	5
10	2.1.10	4	2	8	7	25	2.1.25	5	1	6	7
11	2.1.11	1	4	7	8	26	2.1.26	2	5	4	6
12	2.1.12	3	3	6	3	27	2.1.1	5	2	5	6
13	2.1.13	5	2	5	6	28	2.1.2	2	5	2	5
14	2.1.14	2	5	2	5	29	2.1.3	4	3	5	2
15	2.1.15	4	3	5	2	30	2.1.4	1	4	6	8



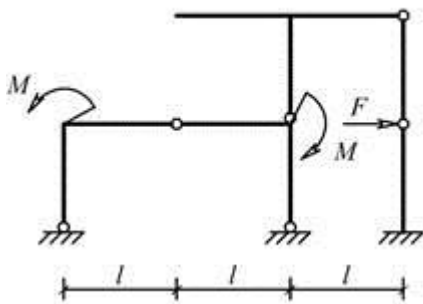
Cx. 2.1.1



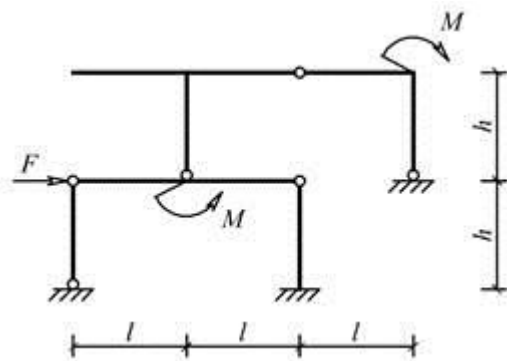
Cx. 2.1.2



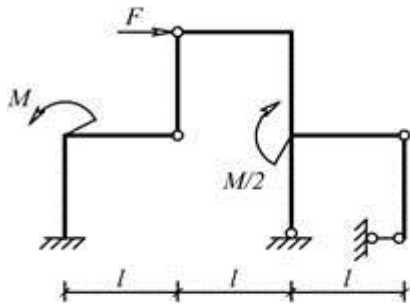
Cx. 2.1.3



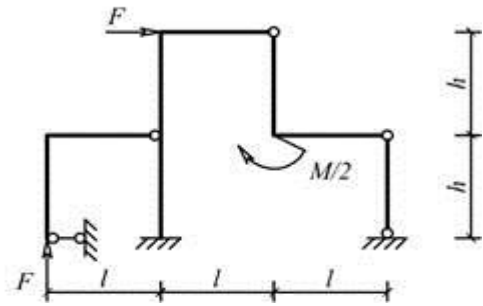
Cx. 2.1.4



Cx. 2.1.5

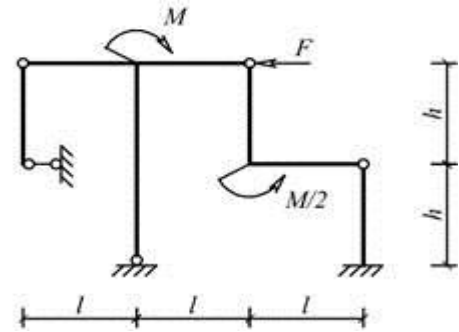
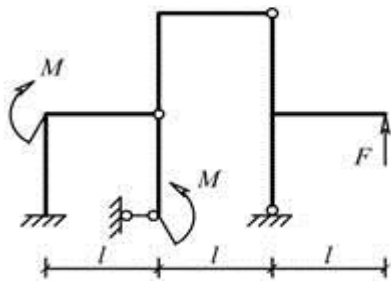


Cx. 2.1.6



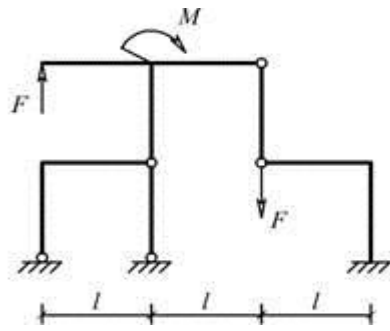
Cx. 2.1.7

Cx. 2.1.8

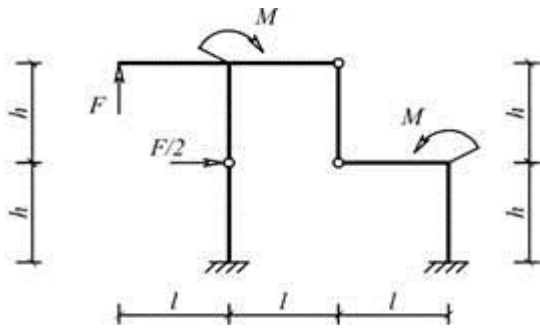


Cx. 2.1.9

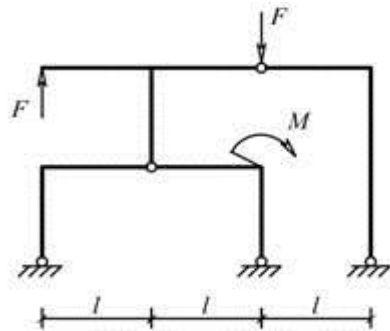
Cx. 2.1.10



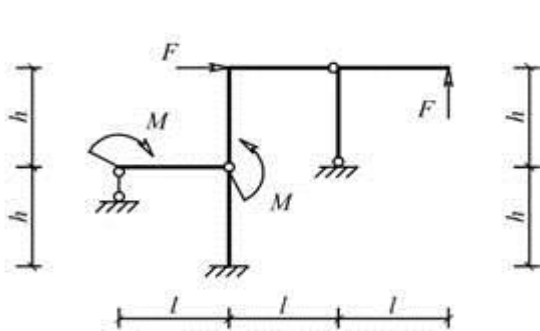
Cx. 2.1.11



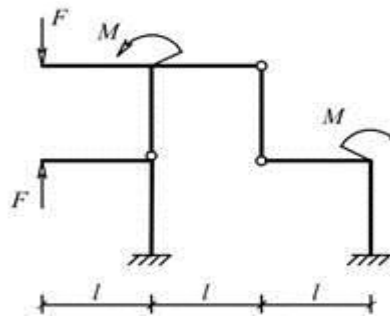
Cx. 2.1.12



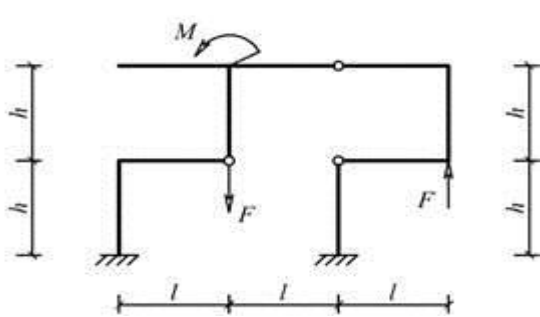
Cx. 2.1.13



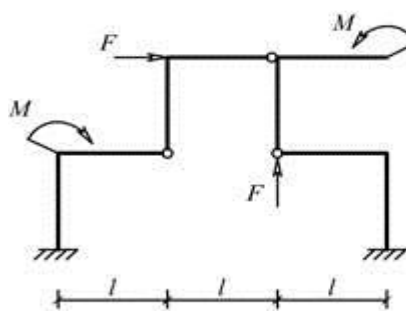
Cx. 2.1.14



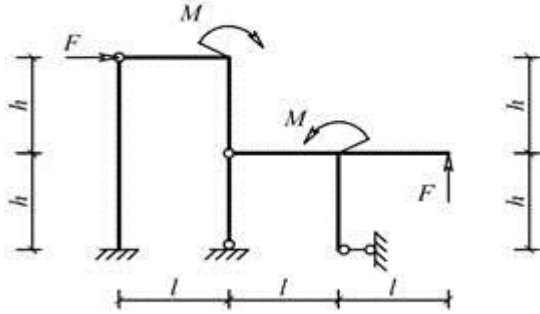
Cx. 2.1.15



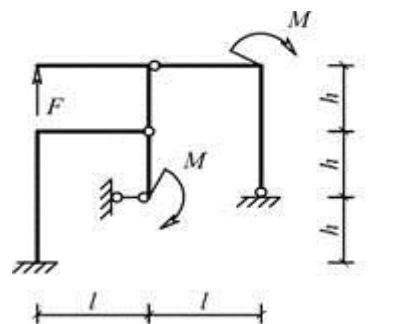
Cx. 2.1.16



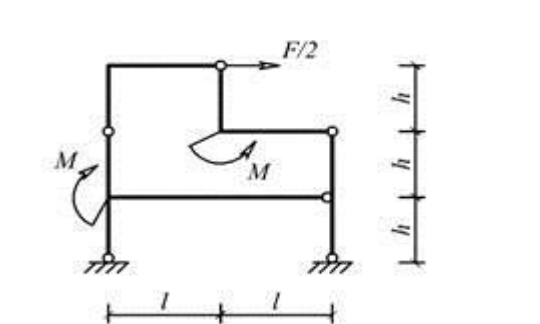
Cx. 2.1.17



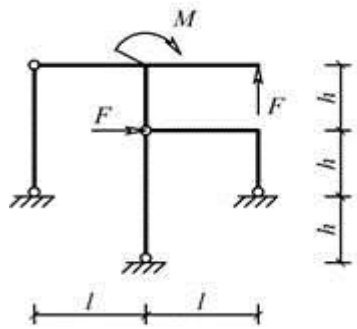
Cx. 2.1.18



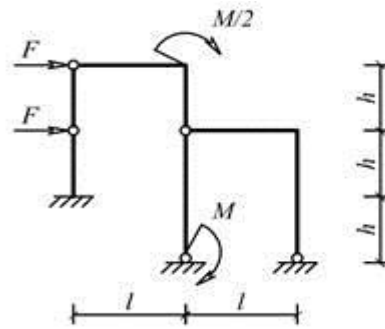
Cx. 2.1.19



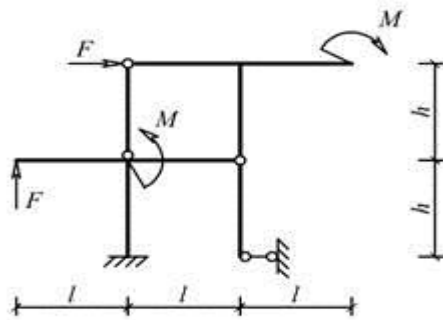
Cx. 2.1.20



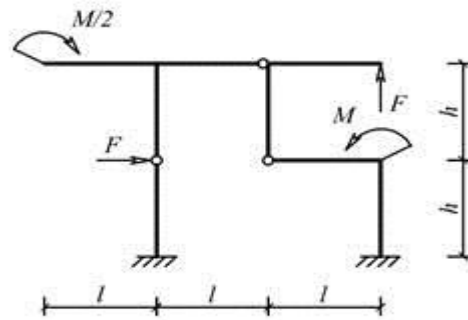
Сх. 2.1.21



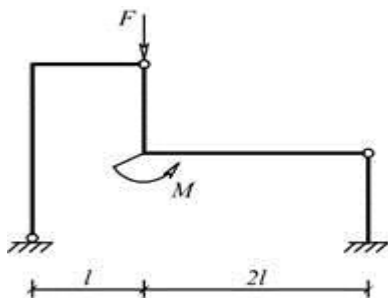
Сх. 2.1.22



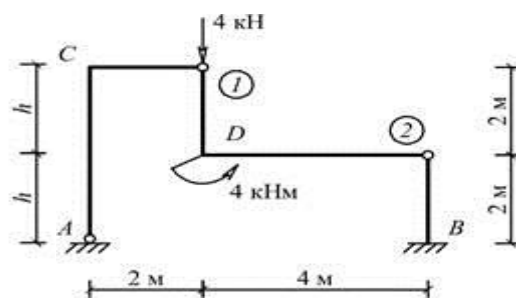
Сх. 2.1.23



Сх. 2.1.24



Сх. 2.1.25



Сх. 2.1.26

Рис. 2.1

**Пример решения задачи**

Исходные данные: схема 2.1.25 рамы на рис. 2.1;  $l=2$  м;  $h=2$  м;  $M=4$  кНм;  $F=4$  кН.

а) Кинематический анализ рамы

1) Степень свободы системы  $Q_n = (-8) \cdot (-1/6) + (-2) \cdot (2/3) + 1 \cdot 0 = 0$

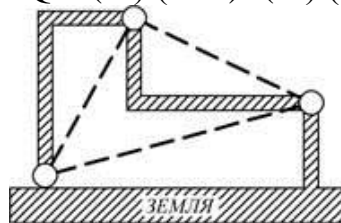


Рис. 2.2

2) Рама представляет собой неизменяемую фигуру (рис. 2.2), состоящую из трех дисков, соединенных между собой шарнирами А, 1 и 2, не лежащими на

одной прямой. Следовательно, геометрическая неизменяемость рамной конструкции обеспечена.

б) Реакции в связях

Силы, обеспечивающие равновесие дисков рамы, показаны на рис. 2.3.

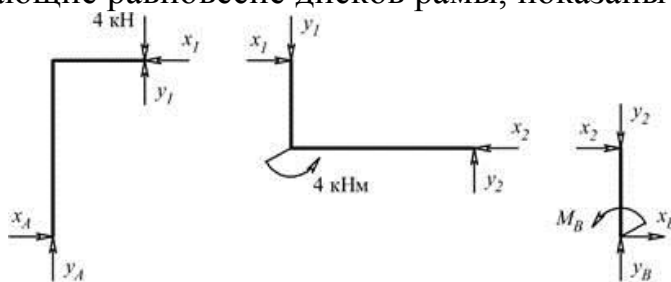


Рис. 2.3

Направление и величины реакций  $X_A$ ,  $Y_A$ ,  $X_B$ ,  $Y_B$ ,  $M_B$ ,  $X_1$ ,  $Y_1$ ,  $X_2$ ,  $Y_2$ , найденных из 9-и уравнений равновесия (по три для каждого диска), показаны на рис. 2.4.

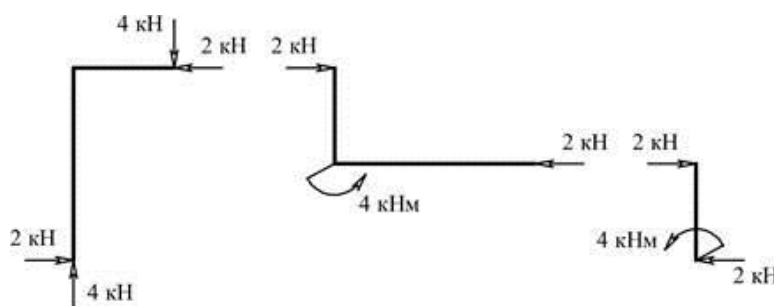


Рис. 2.4

в) Эпюры внутренних силовых факторов в дисках рамы

Эпюры продольных сил (кН)

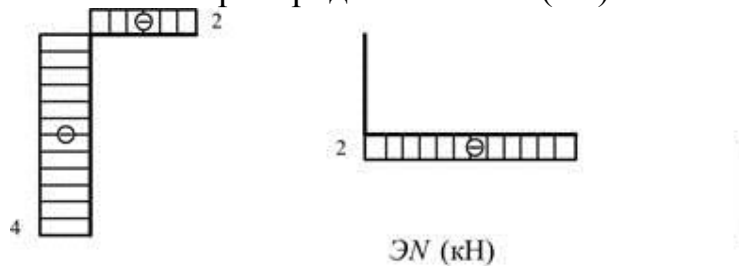


Рис. 2.5

Эпюры поперечных сил (кН)

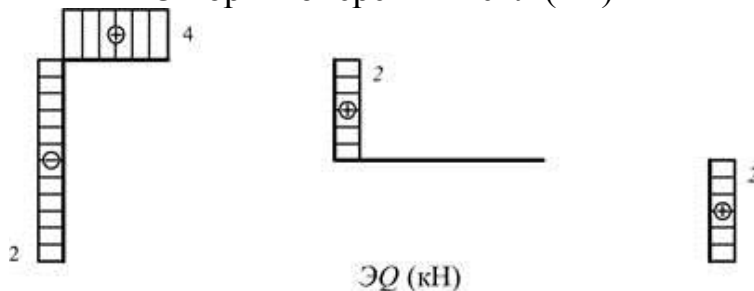


Рис. 2.6

Эпюры изгибающих моментов (кНм)

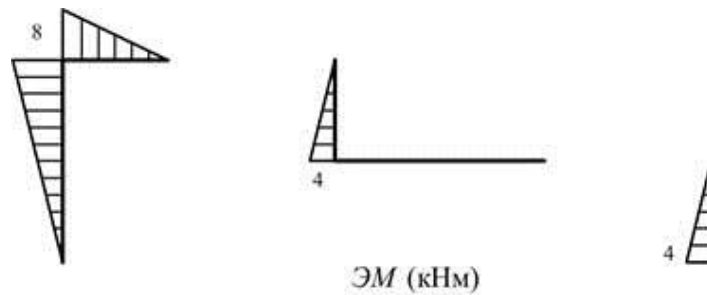


Рис. 2.7

г) Проверка равновесия жестких узлов С и D

Узел С	Узел D
$\Sigma X = 0; \Sigma Y = 0; \Sigma M_C = 0.$	$\Sigma X = 0; \Sigma Y = 0; \Sigma M_D = 0.$

### Пояснения к решению задачи

1) Кинематический анализ производится с целью доказательства, что рассматриваемая рамная конструкция является статически определимой, т.е. она не имеет избыточных («лишних») связей и обеспечена ее геометрическая неизменяемость. Процедура анализа геометрической неизменяемости включает отыскание в раме связанных дисков, в совокупности образующих простейшие неизменяемые фигуры, к которым относятся:

При этом земля рассматривается как неизменяемый и неподвижный диск.

2) При определении реакций в связях статически определимой рамы целесообразно воспользоваться наиболее общим подходом, заключающимся в том, что любая многодисковая статически определимая система может быть представлена в виде набора отдельных дисков с действующими на них внешними нагрузками и реакциями связей, обеспечивающих им равновесие в составе системы.

**Примечание.** Сосредоточенные внешние силы, действующие на шарниры, можно приложить к любому из смежных дисков.

3) Определение внутренних силовых факторов в дисках производится методом сечений, суть которого состоит в следующем:

а) разрезают диск на две части так, чтобы в разрез попало поперечное сечение, в котором отыскиваются внутренние силовые факторы;

б) отбрасывают одну часть диска (любую), а ее действие заменяют усилиями  $N$ ,  $Q$  и  $M$ ;

в) для рассматриваемой части диска составляют три независимых уравнений равновесия, из которых определяются величины и направления внутренних силовых факторов.

4) Для проверки равновесия жестких узлов с построенных эпюр в сечениях, максимально приближенных к узлам, снимаются внутренние силовые факторы и с учетом знака усилия прикладываются к узлам. Проверяется выполнение условий равновесия, при составлении которых необходимо учесть внешние сосредоточенные силы или моменты, непосредственно приложенных к узлу.

## РАСЧЕТ СТАТИЧЕСКИ ОПРЕДЕЛИМЫХ ТРЕХШАРНИРНЫХ АРОК И ТРЕХШАРНИРНЫХ РАМ

**ЗАДАНИЕ 2.2.** Определить внутренние усилия в сечениях  $K_1$  и  $K_2$  трехшарнирной арки (уравнение – оси парабола) (рис. 2.8).

$$y = \frac{4fx(l-x)}{l^2}; \quad \frac{f}{l} = 0,35.$$

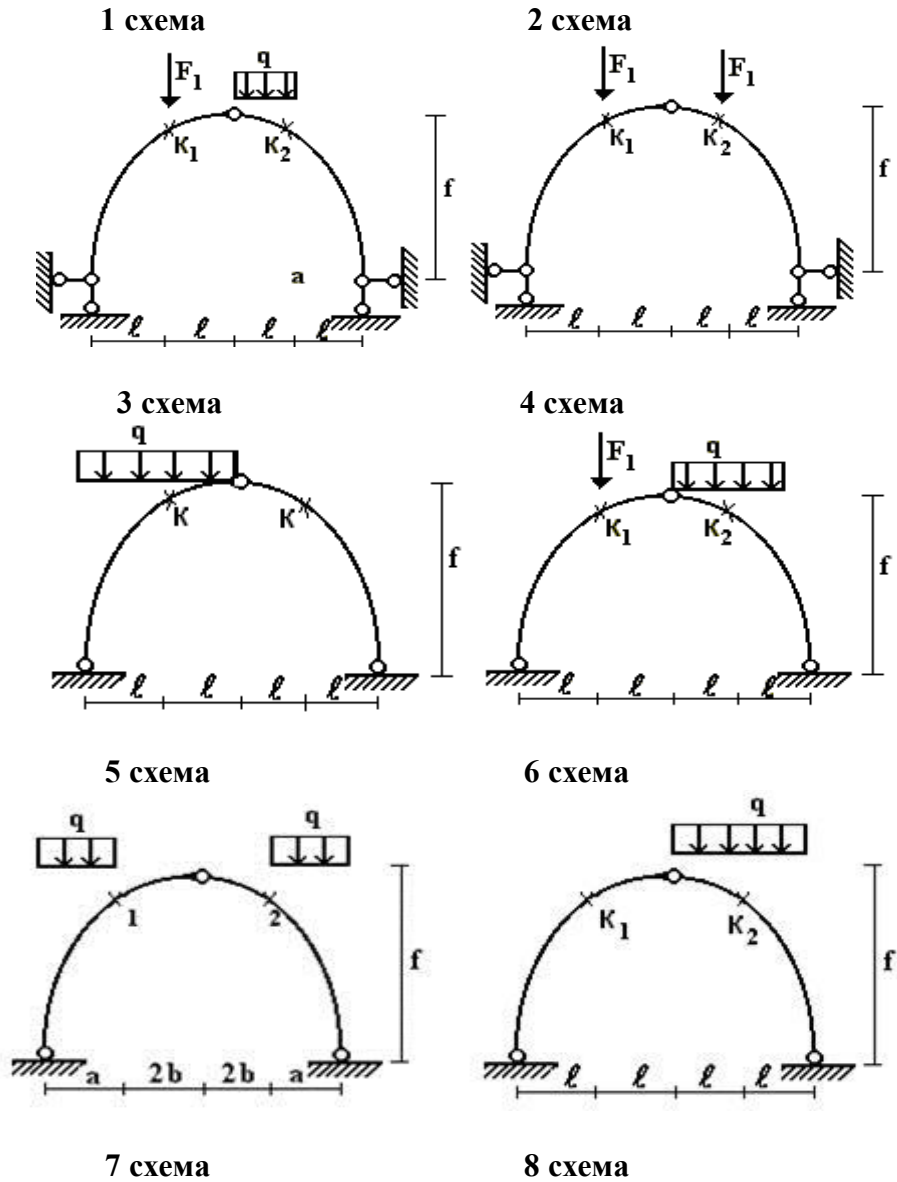
Данные взять из табл. 2.2.

**Таблица 2.2**

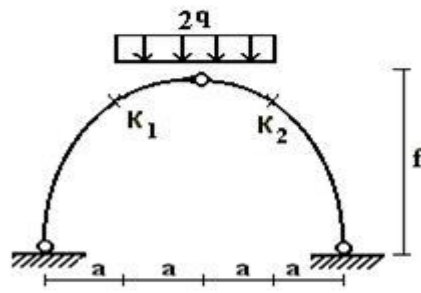
Номер строки	Номер схемы по рис. 2.8	F1, кН	q, кН/м	l, м	Номер строки	Номер схемы по рис. 2.8	F1, кН	q, кН/м	l, м
01	1	12	5	2	16	16	8	6	3
02	2	10	4	3	17	17	10	5	2
03	3	12	6	4	18	18	6	6	5
04	4	6	2	2	19	19	8	2	3
05	5	8	4	5	20	20	6	4	2
06	6	10	2	6	21	21	12	2	1
07	7	6	3	3	22	22	12	3	3
08	8	8	6	2	23	23	13	6	4
09	9	6	5	4	24	24	14	5	5

продолжение таблицы 2.2

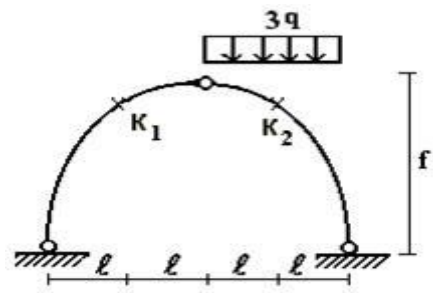
Номер строки	Номер схемы по рис.2.8	F1, кН	q, кН/м	l, м	Номер строки	Номер схемы по рис.2.8	F1, кН	q, кН/м	l, м
10	10	12	6	3	25	25	12	6	3
11	11	11	6	5	26	26	10	6	2
12	12	12	2	1	27	27	12	2	1
13	13	10	4	2	28	28	6	4	3
14	14	12	2	4	29	29	8	2	5
15	15	6	3	5	30	30	10	3	4
	а	б	г	в		а	б	г	в



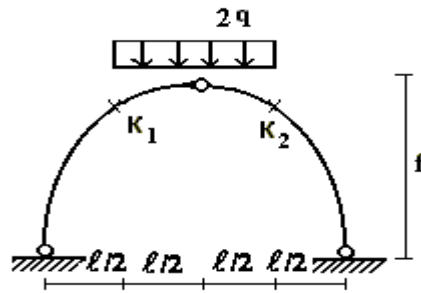




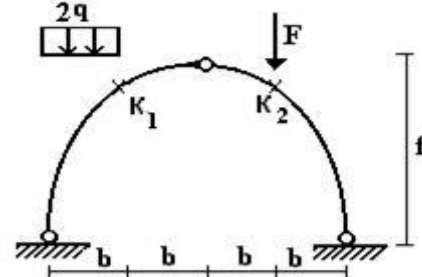
9 схема



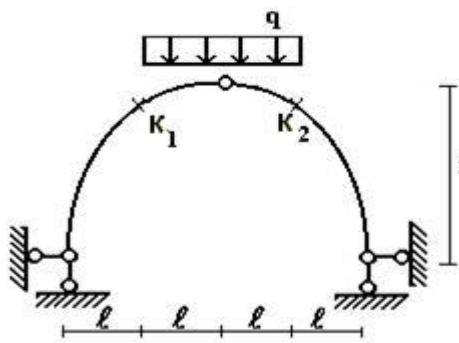
10 схема



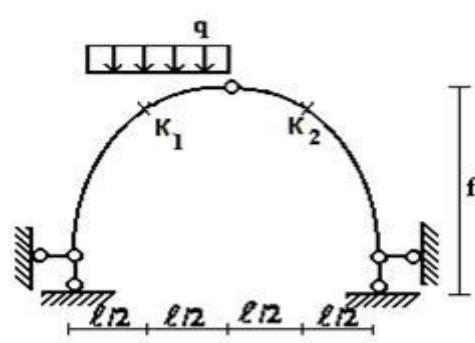
11 схема



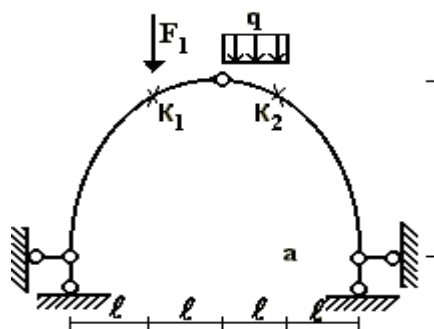
12 схема



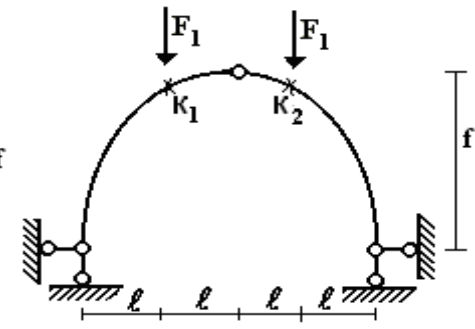
13 схема



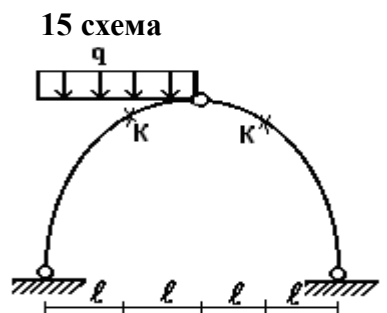
14 схема



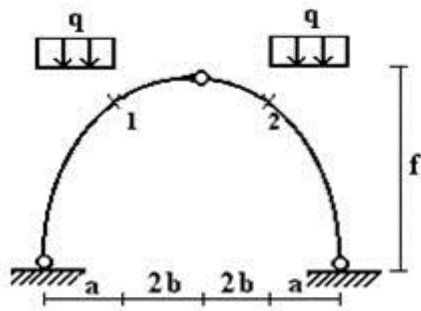
15 схема



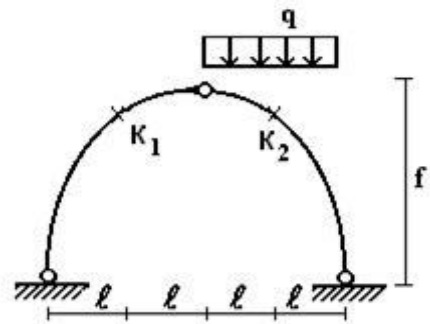
16 схема



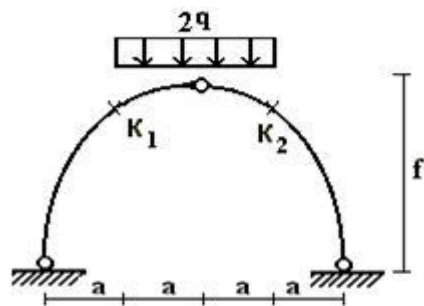
17 схема



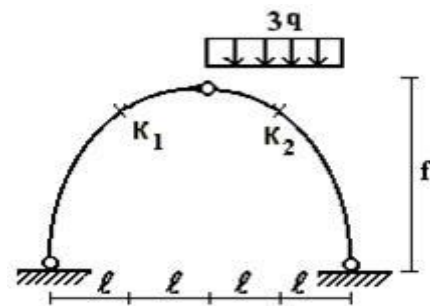
18 схема



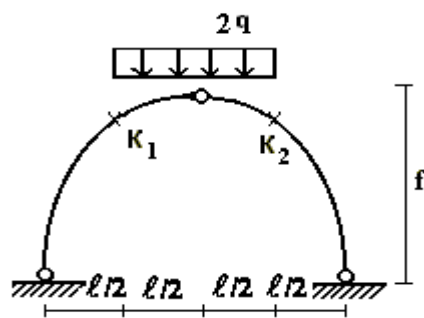
19 схема



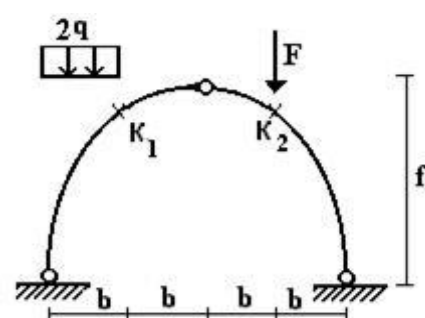
20 схема



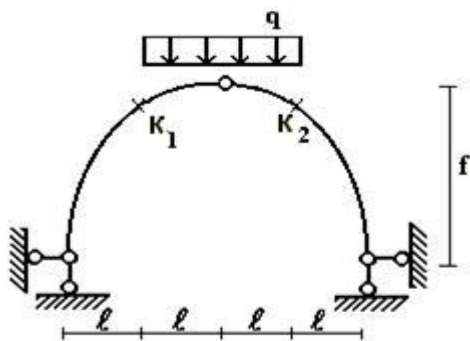
21 схема



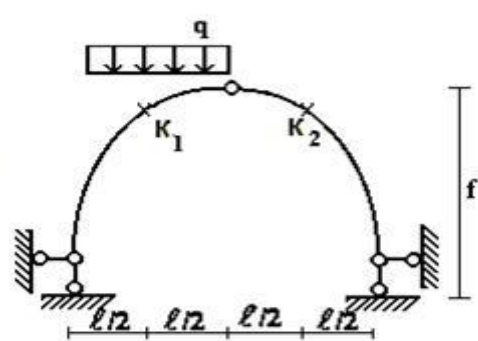
22 схема



23 схема

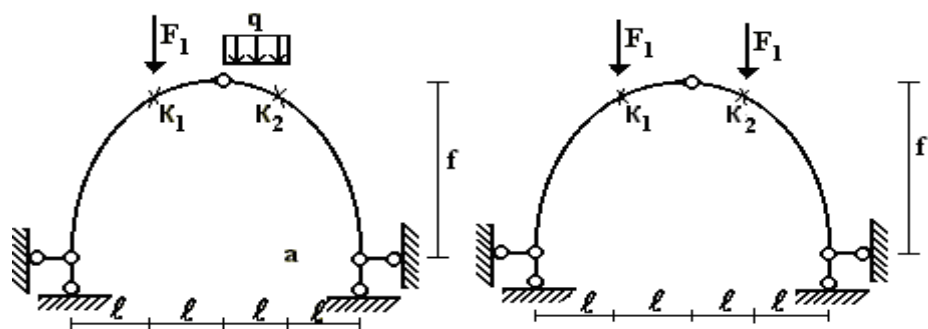


24 схема



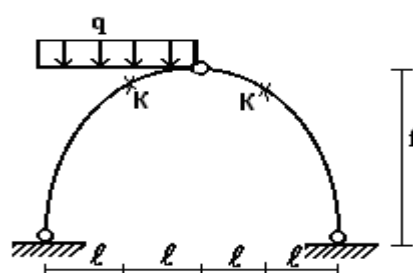
25 схема

26 схема

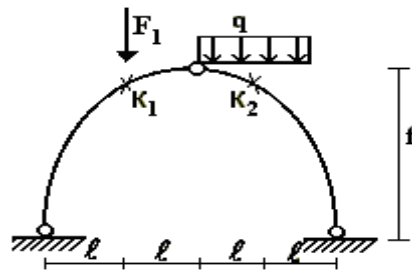


27 схема

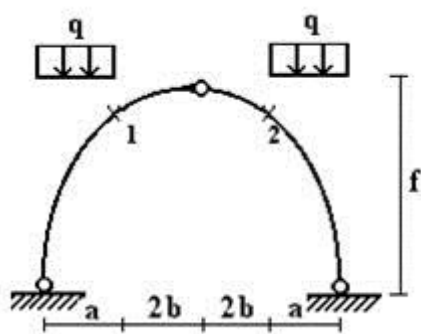
28 схема



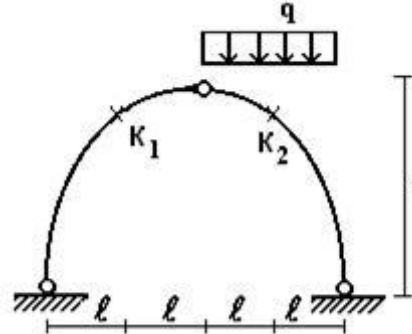
29 схема



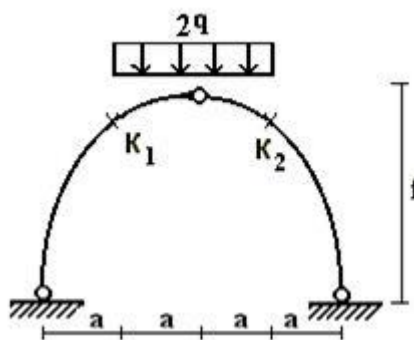
30 схема



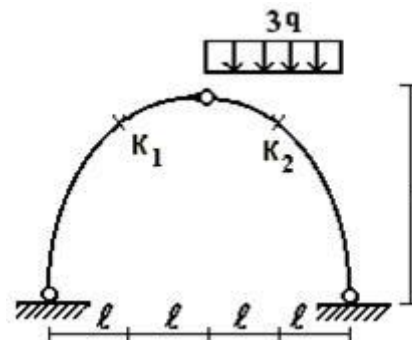
31 схема



32 схема



33 схема



34 схема

Рис. 2.8

## РАСЧЕТ ВНУТРЕННИХ УСИЛИЙ В СТАТИЧЕСКИ ОПРЕДЕЛИМЫХ ТРЕХШАРНИРНЫХ СИСТЕМАХ С ПОСТРОЕНИЕМ ИХ ЭПЮР И ЛИНИЙ ВЛИЯНИЯ

**ЗАДАНИЕ 2.3.** Для сплошной трехшарнирной арки или рамы, соответствующей заданному варианту расчетной схемы (рис. 2.9), требуется:

1) построить эпюры изгибающих моментов, поперечных и продольных сил, а также определить значения  $M$ ,  $Q$ ,  $N$  в сечениях  $K_1$  и  $K_2$  от действия внешней постоянной нагрузки;

2) построить линии влияния  $M$ ,  $Q$ ,  $N$  от действия подвижной нагрузки для сечений  $K_1$  и  $K_2$  и с помощью линий влияния найти значения  $M$ ,  $Q$ ,  $N$  от действия внешней постоянной нагрузки.

Исходные данные выбираются из табл. 2.3.

**Таблица 2.3**

Номер строки	Номер схемы по рис. 2.9	Очертание оси	$l$ , м	$f/l$	$\alpha$	$\beta_1$	$\beta_2$	$P$ , кН	$q$ , кН/м
01	<i>a</i>	Парабола	26	0,34	0,20	0,20	0,65	4,0	4,0
02	<i>a</i>	Окружность	36	0,35	0,50	0,30	0,68	3,0	6,0
03	<i>б</i>	Рама	18	0,39	0,30	0,22	0,70	5,0	8,0
04	<i>в</i>	Рама	28	0,40	0,60	0,25	0,72	6,0	5,0
05	<i>г</i>	Рама	20	0,32	0,40	0,15	0,80	7,0	7,0
06	<i>a</i>	Парабола	32	0,36	0,70	0,40	0,84	8,0	4,0
07	<i>a</i>	Окружность	22	0,38	0,80	0,35	0,86	2,0	6,0
08	<i>б</i>	Рама	34	0,33	0,25	0,12	0,75	5,0	8,0
09	<i>в</i>	Рама	24	0,30	0,35	0,33	0,85	8,0	5,0
10	<i>г</i>	рама	30	0,31	0,45	0,45	0,90	4,0	7,0
11	<i>a</i>	Парабола	21	0,21	0,24	0,13	0,66	3,5	3,5
12	<i>a</i>	Окружность	35	0,28	0,65	0,23	0,82	5,5	4,5
13	<i>б</i>	Рама	29	0,25	0,33	0,18	0,73	6,7	5,5
14	<i>в</i>	Рама	23	0,22	0,75	0,14	0,67	7,5	6,5
15	<i>г</i>	Рама	19	0,29	0,42	0,21	0,87	8,5	2,5
16	<i>a</i>	Парабола	31	0,26	0,15	0,19	0,74	2,5	3,5
17	<i>a</i>	Окружность	25	0,23	0,36	0,16	0,69	4,5	4,5
18	<i>б</i>	Рама	37	0,30	0,55	0,26	0,88	6,0	5,5
19	<i>в</i>	Рама	33	0,27	0,27	0,21	0,76	7,0	6,5
20	<i>г</i>	рама	27	0,24	0,48	0,17	0,71	3,0	2,5
21	<i>a</i>	Парабола	20	0,32	0,40	0,15	0,80	7,0	7,0
22	<i>a</i>	Окружность	32	0,36	0,70	0,40	0,84	8,0	4,0
23	<i>б</i>	Рама	22	0,38	0,80	0,35	0,86	2,0	6,0
24	<i>в</i>	Рама	34	0,33	0,25	0,12	0,75	5,0	8,0
25	<i>г</i>	Рама	24	0,30	0,35	0,33	0,85	8,0	5,0
26	<i>a</i>	Парабола	30	0,31	0,45	0,45	0,90	4,0	7,0

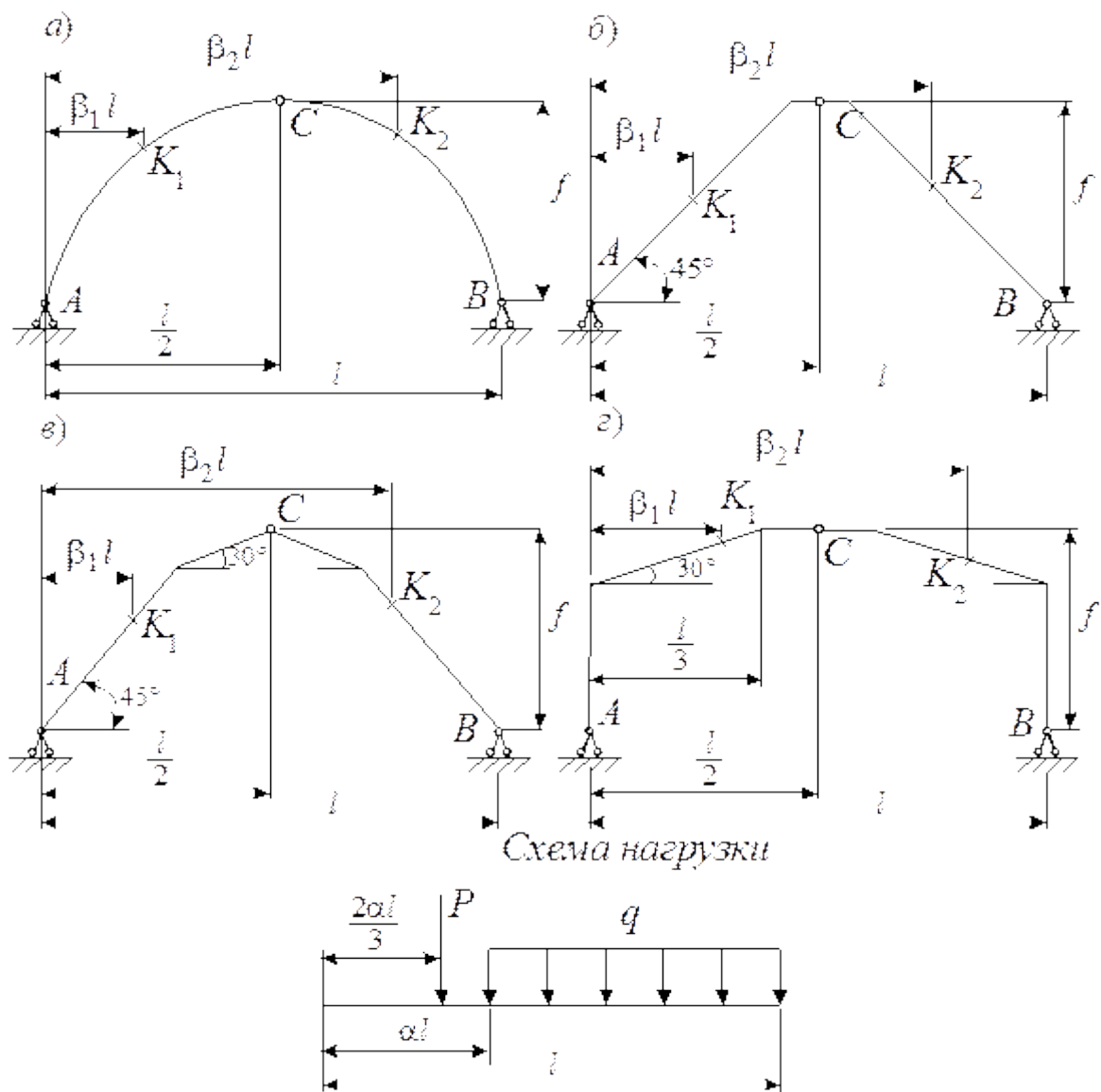


Рис. 2.9

### Пояснение к решению задачи

На вычерченную в принятом масштабе арку надо нанести все заданные размеры и нагрузку. Для заданных сечений необходимо вычислить координаты и значения синусов и косинусов углов наклона касательных.

Ординаты точек оси арки и углы наклона касательных определяются по следующим уравнениям:

а) при очертании оси по параболе

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

б) при очертании оси по окружности

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

где

$$R = \frac{f}{2} + \frac{l^2}{8f}; \quad \sin\varphi = \frac{l - 2x}{2R}; \quad \cos\varphi = \frac{y + R - f}{R}.$$

Для трехшарнирных рам ординаты и необходимые углы наклона определяются непосредственно из чертежа. Следует помнить, что для правой половины арки или рамы угол наклона касательной отрицателен.

Вычисление значений опорных реакций, моментов, поперечных и продольных сил в заданных сечениях надо иллюстрировать необходимыми формулами. На линиях влияния  $M$ ,  $Q$ ,  $N$  должны быть проставлены числовые значения всех характерных ординат, определение которых должно быть приведено в расчете. Линии влияния надо строить под схемой арки (рамы) в своем линейном масштабе.

### РАСЧЕТ ПЛОСКИХ ФЕРМ С ПОСТРОЕНИЕМ ЛИНИЙ ВЛИЯНИЯ

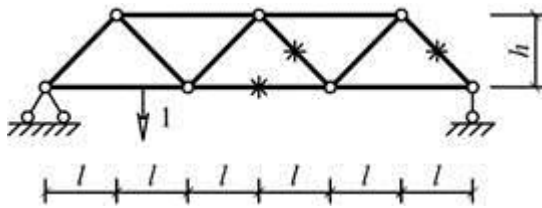
**ЗАДАНИЕ 2.4.** Для одной из балочных ферм, изображенных на схемах 2.4.1 – 2.4.30 рисунка 2.10 требуется:

- 1) определить аналитически усилия в отмеченных стержнях от неподвижной нагрузки в виде сосредоточенных сил  $F$ , приложенных в каждом узле прямолинейного пояса фермы;
- 2) построить линии влияния усилий для отмеченных стержней при «езде» по прямолинейному поясу фермы;
- 3) вычислить по линиям влияния усилия в отмеченных стержнях от сил  $F$  и результаты сравнить со значениями усилий, полученными аналитически.

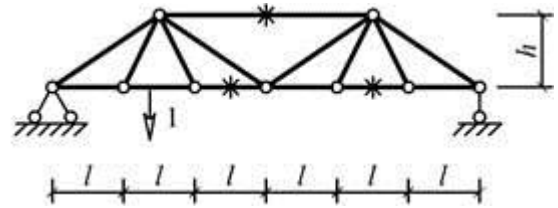
Исходные данные для расчета принять из табл. 2.4.

Таблица 2.4

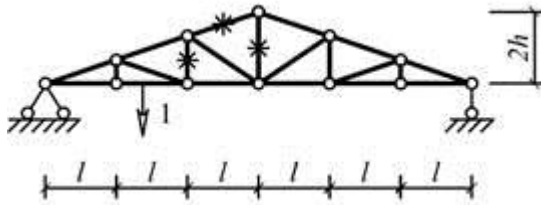
Номер строки	Схемы балок рис. 2.4.1–2.4.24	h, м	l, м	F, кН	Номер строки	Схемы балок рис. 2.4.1–2.4.24	h, м	l, м	F, кН
01	2.4.1	2	2	5	16	2.4.16	1,5	2	8
02	2.4.2	1,5	1	7	17	2.4.17	0,75	1	9
03	2.4.3	0,75	1,5	9	18	2.4.18	1	2,5	9
04	2.4.4	1,75	1,5	10	19	2.4.19	2	2	10
05	2.4.5	2	1	8	20	2.4.20	1	1	5
06	2.4.6	3	2	6	21	2.4.21	0,75	2	6
07	2.4.7	3	2,5	4	22	2.4.22	1	1	7
08	2.4.8	0,75	1	6	23	2.4.1	0,75	1	6
09	2.4.9	1,5	1,5	7	24	2.4.2	1,5	1,5	7
10	2.4.10	2	2	9	25	2.4.8	1	2,5	5
11	2.4.11	1	2,5	5	26	2.4.9	2	2	4
12	2.4.12	2	2	4	27	2.4.15	2	2,5	8
13	2.4.13	2	2,5	8	28	2.4.16	2,5	1	5
14	2.4.14	2,5	1	5	29	2.4.20	3	2,5	4
15	2.4.15	1	1,5	5	30	2.4.21	0,75	1	6



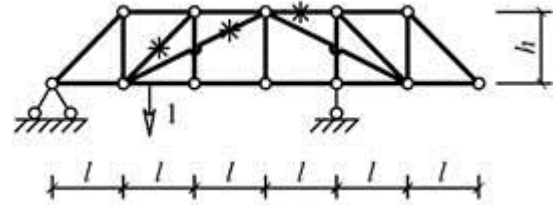
Cx. 2.4.1



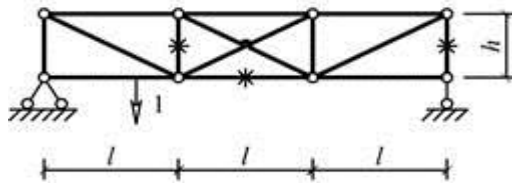
Cx. 2.4.2



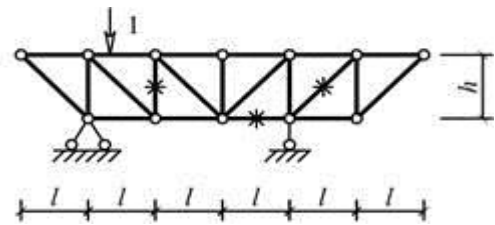
Cx. 2.4.3



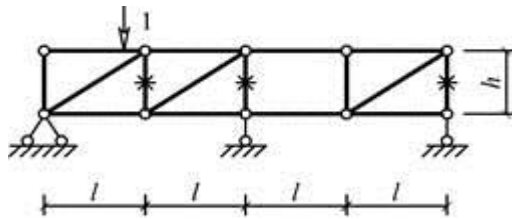
Cx. 2.4.4



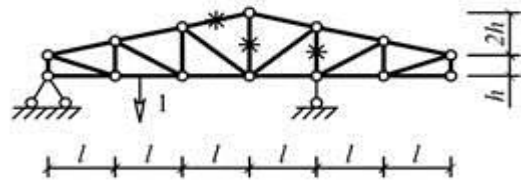
Cx. 2.4.5



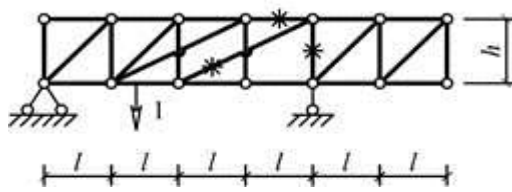
Cx. 2.4.6



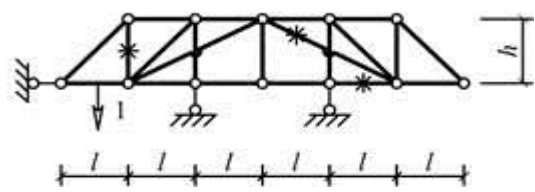
Cx. 2.4.7



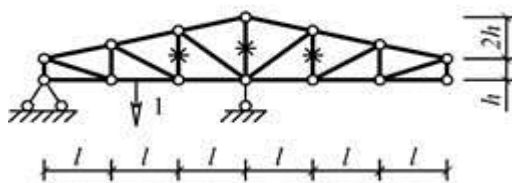
Cx. 2.4.8



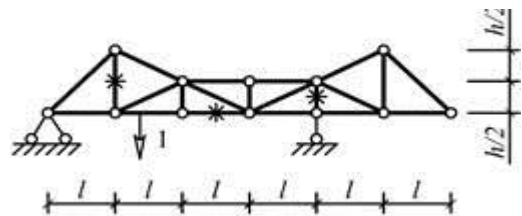
Cx. 2.4.9



Cx. 2.4.10



Cx. 2.4.11



Cx. 2.4.12

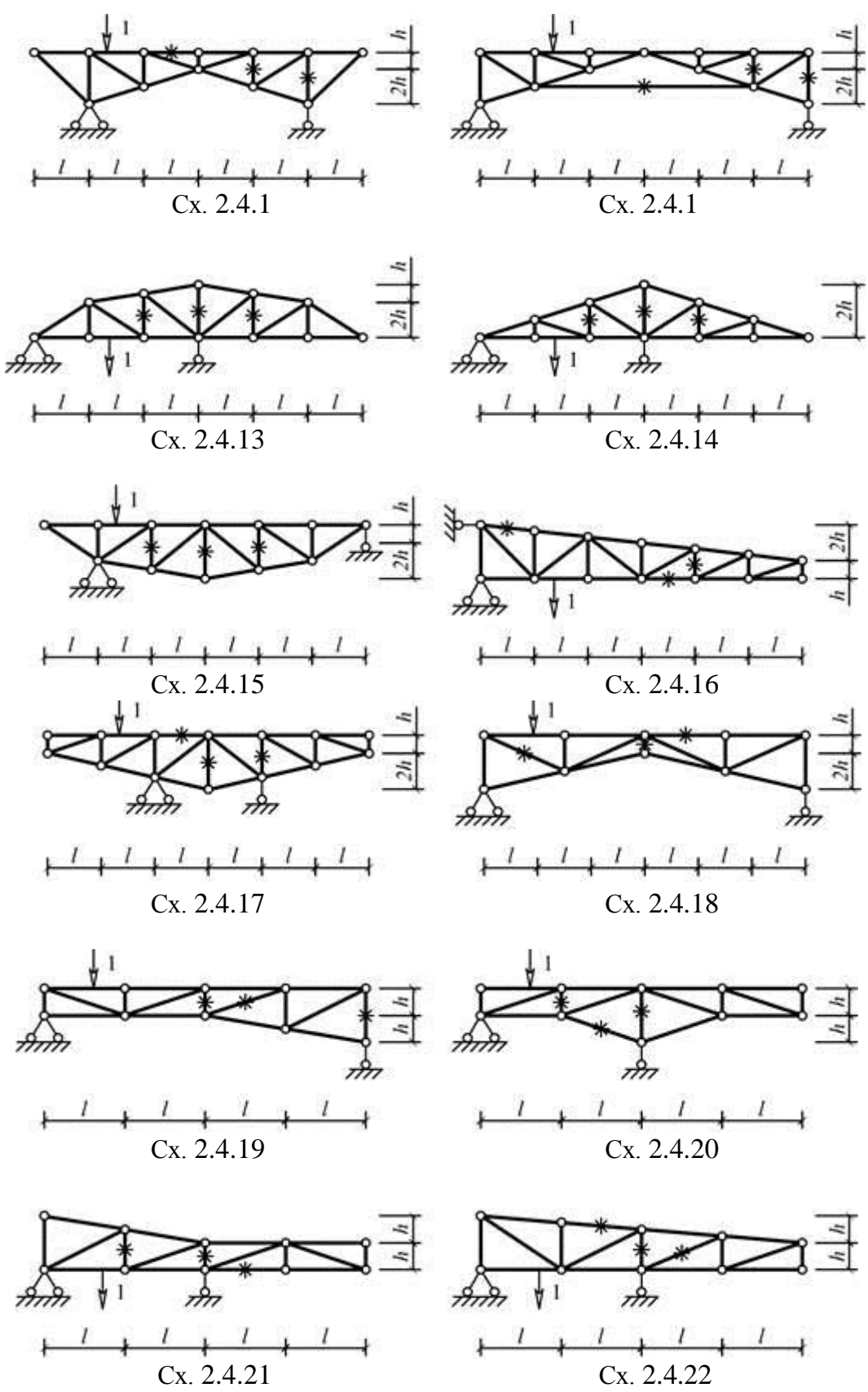


Рис. 2.10



### Пример решения задачи

Исходные данные: схема фермы на рис. 2.11;  $l=4$  м;  $h=3$  м;  $F=3$  кН.

а) Аналитическое определение усилий в отмеченных стержнях от неподвижной нагрузки

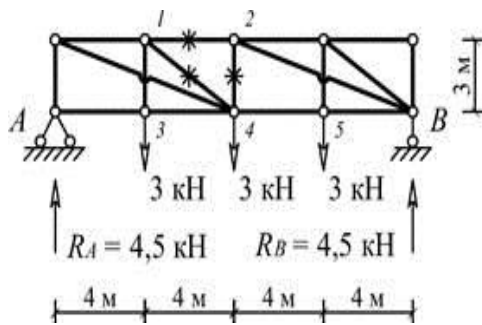


Рис. 2.11

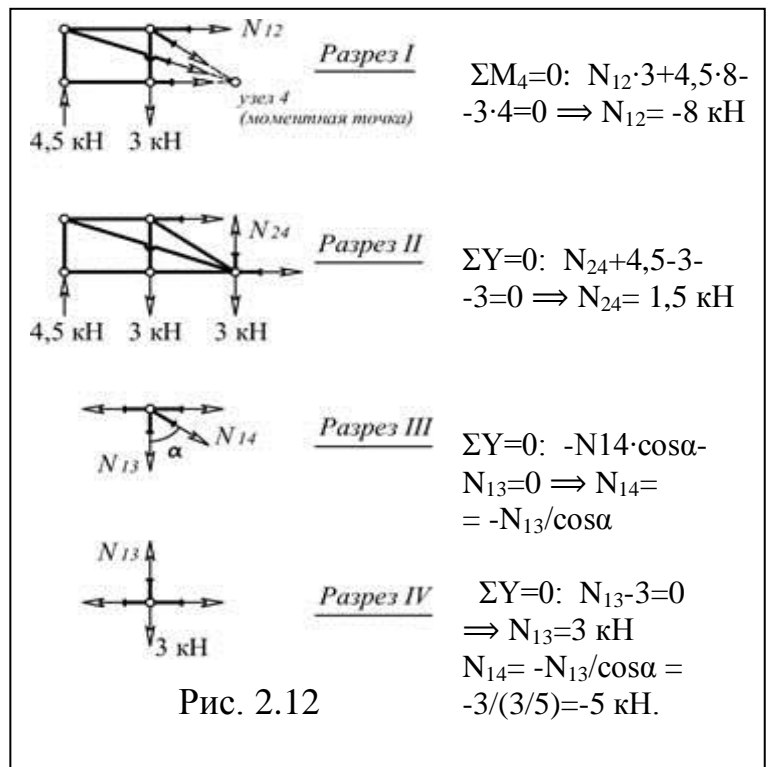


Рис. 2.12

б) Линии влияния усилий для отмеченных на схеме стержней

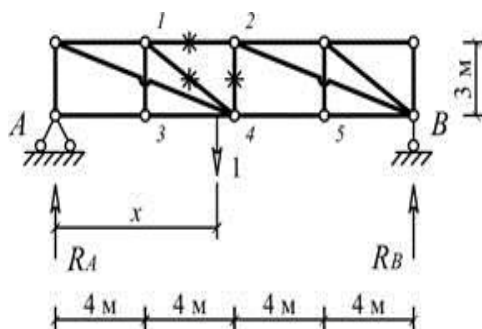


Рис. 2.13

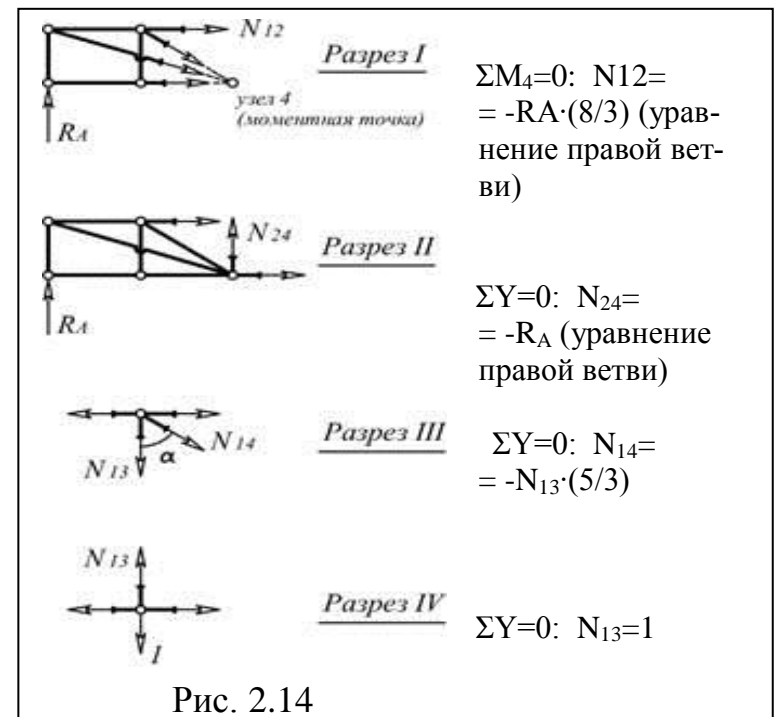


Рис. 2.14

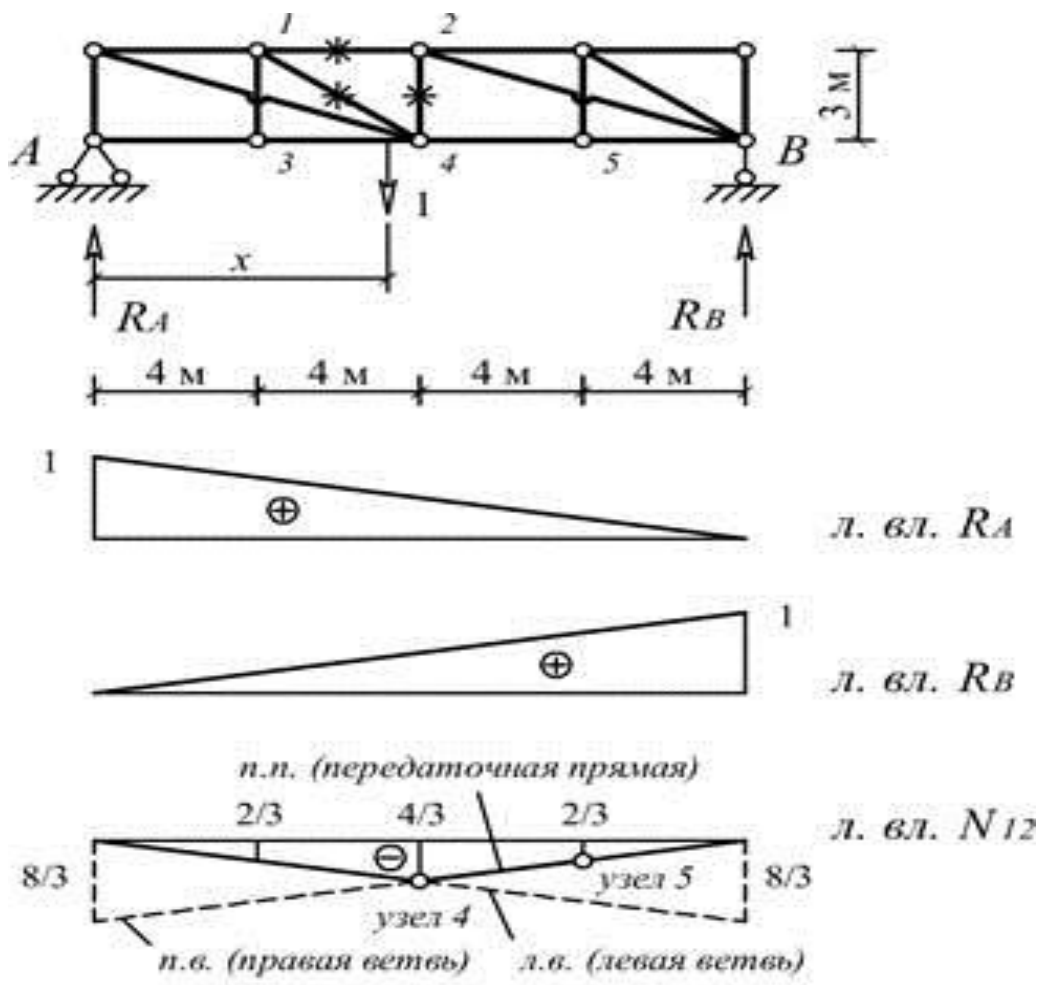


Рис. 2.15

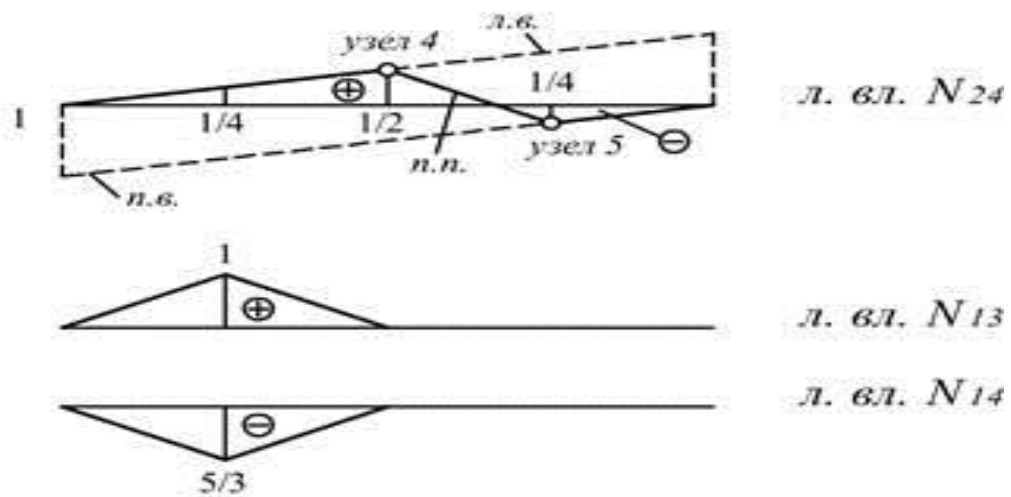


Рис. 2.15 (продолжение)

в) Определение усилий в отмеченных стержнях по формуле влияния от сил  $F=3$  кН.

$N_{12}=3 \cdot (-2/3) + 3 \cdot (-4/3) + 3 \cdot (-2/3) = -8$  кН,  $N_{24}=3 \cdot (1/4) + 3 \cdot (1/2) + 3 \cdot (-1/4) = 1,5$  кН,

$$N_{13}=3 \cdot 1=3 \text{ кН}, \quad N_{14}=3 \cdot (-5/3)=-5 \text{ кН}.$$

### **Пояснения к решению задачи**

1) Аналитический способ нахождения усилий от неподвижной нагрузки требует рассмотрения равновесия отсеченной части фермы, содержащей определяемое усилие.

2) Основой для построения линий влияния в стержнях фермы, в большинстве случаев, являются линии влияния опорных реакций, вид и значение ординат которых очевиден. Задача, как правило, сводится к нахождению связи внутреннего усилия с реакциями опор через законы равновесия и последующего перемасштабирования линий влияния реакций. В приведенном примере связь усилия в стержне 1–2 с реакцией  $R_A$ , когда груз находится справа от разреза I, определена из равенства нулю моментов относительно точки (узла) 4 для левой отсеченной части фермы. В результате получено уравнение правой ветви, а левая ветвь, как известно, пересекается с правой в точке, лежащей на одной вертикали с моментной точкой (узлом) 4. Для усилия в стержне 2–4 ветви линии влияния параллельны, поскольку связь с реакцией определяется уравнением равновесия  $\sum Y = 0$ . Для построения линии влияния усилия в стержне 1–4 использована связь этого усилия с усилием в стержне 1–3 из равновесия узла 1, а линия влияния усилия в стержне 1–3 легко построить, если рассмотреть равновесие узла 3.

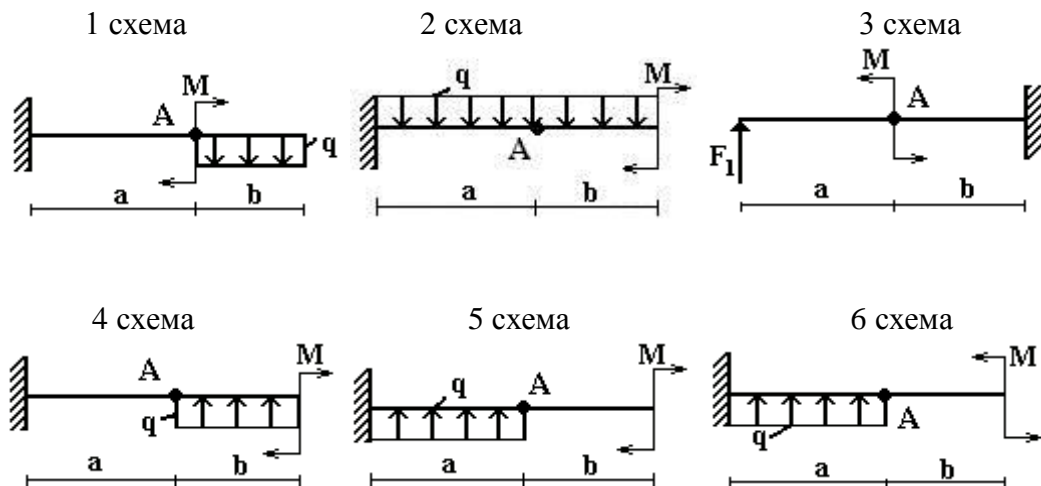
## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОГИБОВ В СТАТИЧЕСКИ ОПРЕДЕЛИМЫХ КОНСОЛЬНЫХ БАЛКАХ

**ЗАДАНИЕ 3.1.** Для деревянной балки с размерами поперечного сечения 20х20 см (рис. 3.1) требуется определить прогиб сечения А; принять  $E=1 \cdot 10^4$  МПа.

Данные взять из табл. 3.1.

Таблица 3.1

Номер строки	Схема по рис. 3.1	$F_1, \text{см}^2$	a, м	b, м	M, кНм	q, кН/м	Номер строки	Схема по рис.3.1	$F_1, \text{см}^2$	a, м	b, м	M, кНм	q, кН/м
01	1	12	1	2	24	5	16	16	8	1	2	12	6
02	2	10	2	2	16	4	17	17	10	2	1	18	5
03	3	12	3	2	12	6	18	18	6	3	2	20	6
04	4	6	2	3	18	2	19	19	8	2	2	12	2
05	5	8	1	3	20	4	20	20	6	1	3	12	4
06	6	10	3	1	12	2	21	21	12	3	3	12	2
07	7	6	2	2	12	3	22	22	12	2	1	16	3
08	8	8	1	2	12	6	23	23	13	1	2	10	6
09	9	6	2	1	16	5	24	24	14	1	2	12	5
10	10	12	1	3	10	6	25	25	12	3	1	18	6
11	11	11	1	2	12	6	26	26	10	2	3	20	6
12	12	12	3	3	18	2	27	27	12	1	2	12	2
13	13	10	2	3	20	4	28	28	6	2	3	24	4
14	14	12	1	1	12	2	29	29	8	1	3	16	2
15	15	6	2	2	12	3	30	30	10	2	1	12	3
	в	б	а	г	б	а		в	б	а	г	б	а



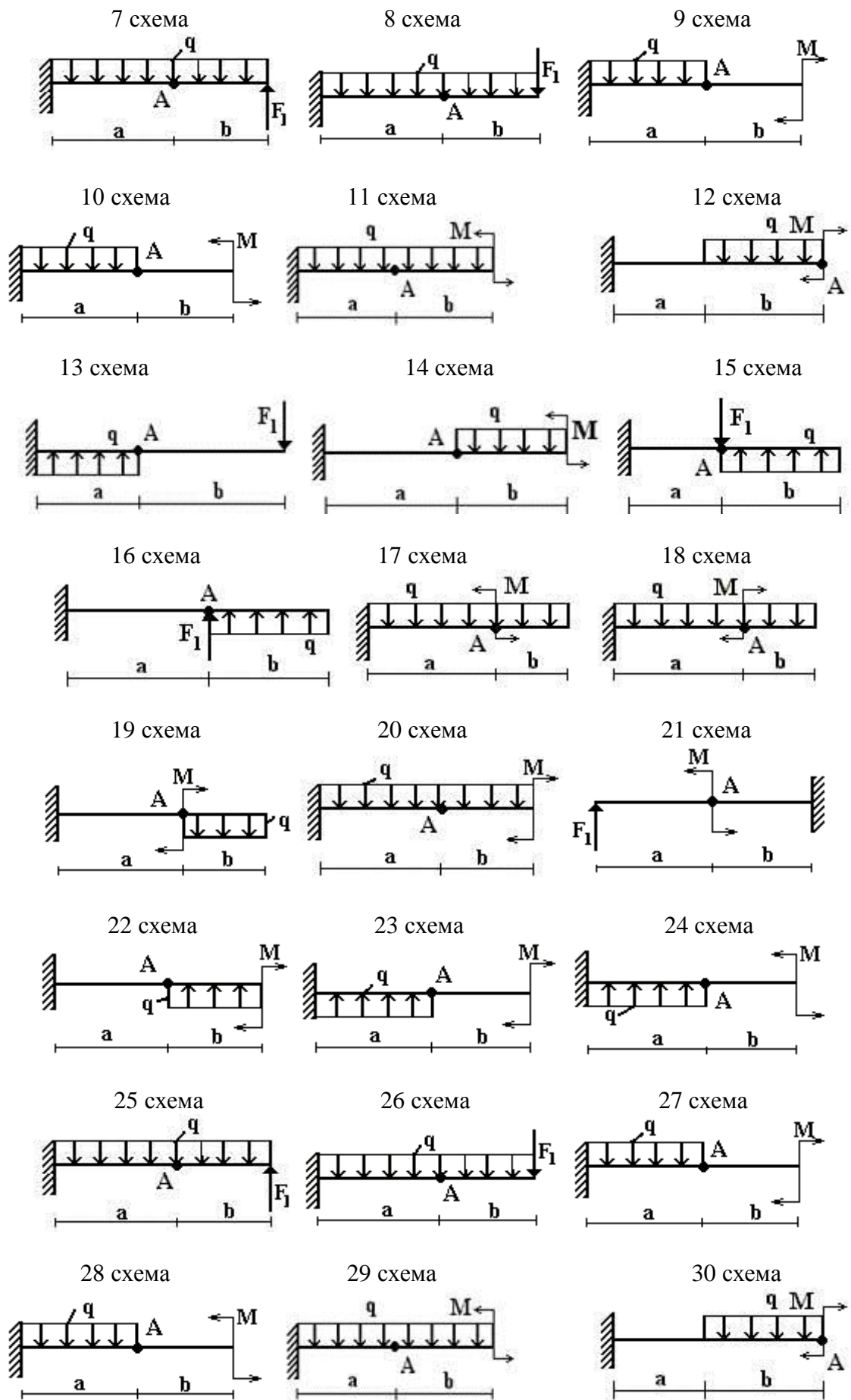


Рис. 3.1

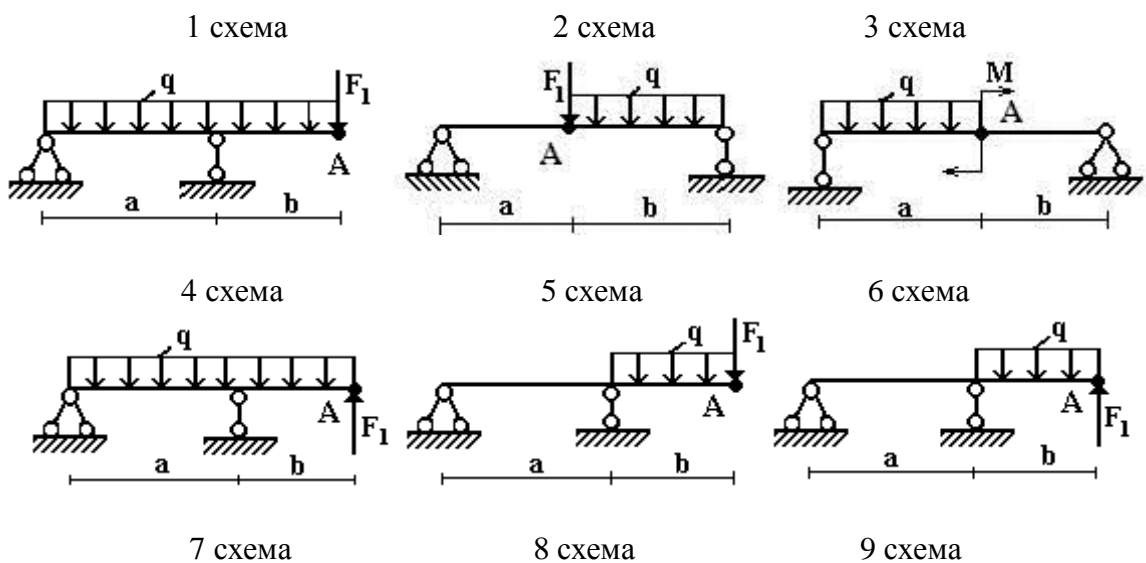
## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОГИБОВ И УГЛОВ ПОВОРОТА В СТАТИЧЕСКИ ОПРЕДЕЛИМЫХ ДВУХОПОРНЫХ БАЛКАХ

**ЗАДАНИЕ 3.2.** Для стальной балки из двутавра № 20 (рис. 3.2) определить прогиб и угол поворота сечения А. Принять  $E=2 \cdot 10^5$  МПа.

Данные взять из табл. 3.2.

Таблица 3.2

Номер строки	Номер схемы по рис. 3.2	$F_{1,2}$ , см <sup>2</sup>	a, м	b, м	M, кНм	q, кН/м	Номер строки	Номер схемы по рис. 3.2	$F_{1,2}$ , см <sup>2</sup>	a, м	b, м	M, кНм	q, кН/м
01	1	12	1	2	24	5	16	16	8	1	2	12	6
02	2	10	2	2	16	4	17	17	10	2	1	18	5
03	3	12	3	2	12	6	18	18	6	3	2	20	6
04	4	6	2	3	18	2	19	19	8	2	2	12	2
05	5	8	1	3	20	4	20	20	6	1	3	12	4
06	6	10	3	1	12	2	21	21	12	3	3	12	2
07	7	6	2	2	12	3	22	22	12	2	1	16	3
08	8	8	1	2	12	6	23	23	13	1	2	10	6
09	9	6	2	1	16	5	24	24	14	1	2	12	5
10	10	12	1	3	10	6	25	25	12	3	1	18	6
11	11	11	1	2	12	6	26	26	10	2	3	20	6
12	12	12	3	3	18	2	27	27	12	1	2	12	2
13	13	10	2	3	20	4	28	28	6	2	3	24	4
14	14	12	1	1	12	2	29	29	8	1	3	16	2
15	15	6	2	2	12	3	30	30	10	2	1	12	3
	б	г	а	г	в	а		б	г	а	г	в	а



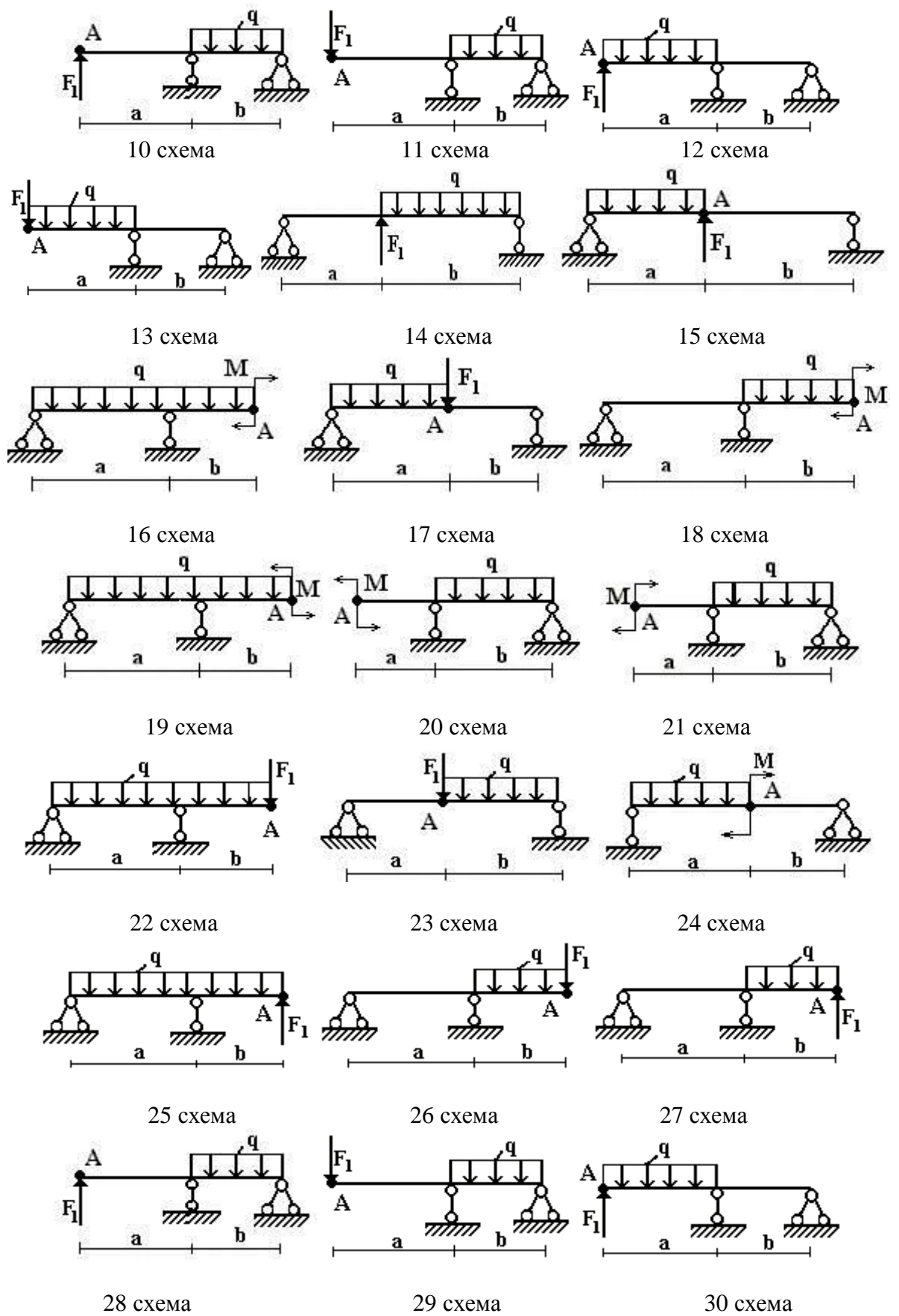


Рис. 3.2

## РАСЧЕТ ПЛОСКИХ СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМЫХ РАМ МЕТОДОМ СИЛ

**ЗАДАНИЕ 4.1.** На рис. 4.1 изображена нагруженная в своей плоскости рама, вертикальные элементы которой имеют моменты инерции  $J$ , а горизонтальные элементы  $k \cdot J$ . Требуется:

- 1) установить степень статической неопределимости и выбрать основную систему;
- 2) написать канонические уравнения;
- 3) построить эпюру  $M$  от единичных сил и от заданной нагрузки;
- 4) найти коэффициент канонических уравнений;
- 5) найти величины «лишних» неизвестных  $X$ ;
- 6) выполнить деформационную проверку правильности определения неизвестных;
- 7) построить окончательные эпюры внутренних силовых факторов  $N$ ,  $Q_y$ ,  $M_x$ .

**Указание.** При выполнении деформационной проверки следует установить, равняется ли нулю перемещение одной из опорных точек. Для этого необходимо выбрать новую основную систему, приложить в направлении отброшенной связи единичную силу, построить эпюру моментов. Перемножив эпюру моментов от внешней нагрузки и от найденной неизвестной силы  $X$  на эпюру моментов от единичной нагрузки, определить перемещение опорной точки. При правильно решенной задаче в результате перемножения должен получиться ноль.

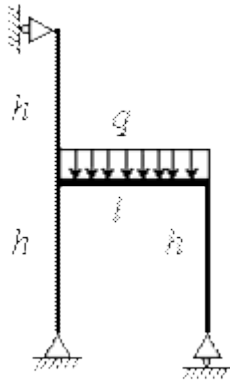
Данные взять из табл. 4.1.

Таблица 4.1

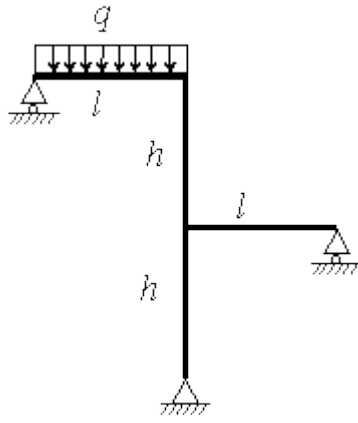
Номер строки	Номер схемы по рис.4.1	$l$ , м	$h$ , м	$k$	$q$ , кН/м	Номер строки	Номер схемы по рис.4.1	$l$ , м	$h$ , м	$k$	$q$ , кН/м
01	1	11	2	1,1	15	16	16	11	5	1,1	8
02	2	12	3	1,2	20	17	17	12	4	1,2	30
03	3	3	4	1,3	30	18	18	3	5	1,3	4
04	4	4	5	1,4	4	19	19	4	6	1,4	5
05	5	5	6	1,5	5	20	20	5	2	1,5	6
06	6	6	2	1,6	6	21	21	6	3	1,6	7
07	7	7	3	1,7	7	22	22	7	4	1,7	8
08	8	8	4	1,8	8	23	23	8	5	1,8	9
09	9	9	5	1,9	9	24	24	9	6	1,9	10
10	10	10	6	2,0	10	25	25	10	5	2,0	30
11	11	5	5	1,4	30	26	26	5	6	1,4	4
12	12	6	6	1,5	4	27	27	6	2	1,5	5
13	13	7	2	1,6	5	28	28	7	3	1,6	6
14	14	8	3	1,7	6	29	29	8	4	1,7	7
15	15	9	4	1,8	7	30	30	9	5	1,8	15
	б	а	г	в	а		б	а	г	в	а



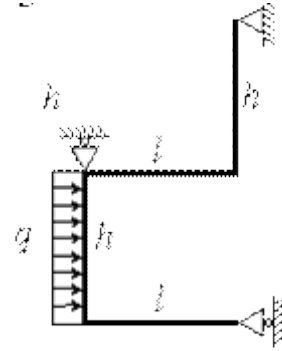
1 схема



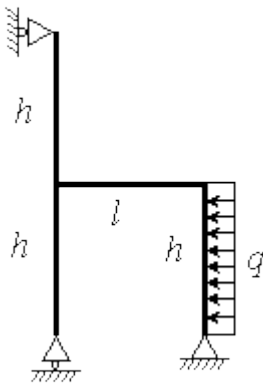
2 схема



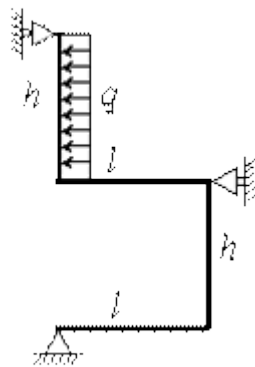
3 схема



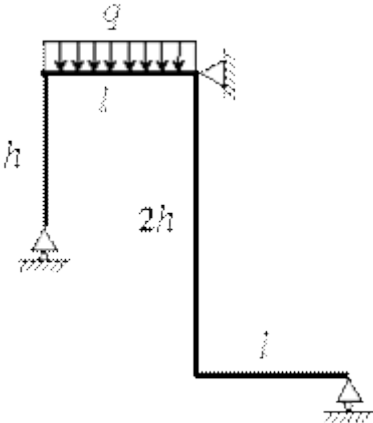
4 схема



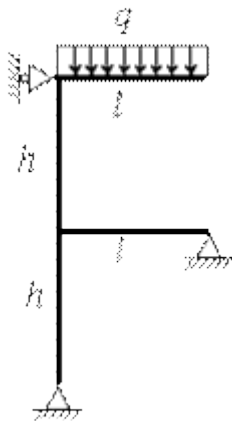
5 схема



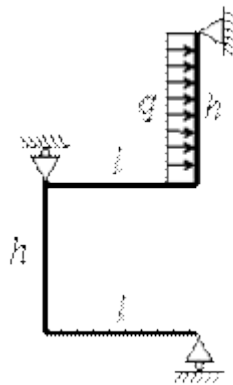
6 схема



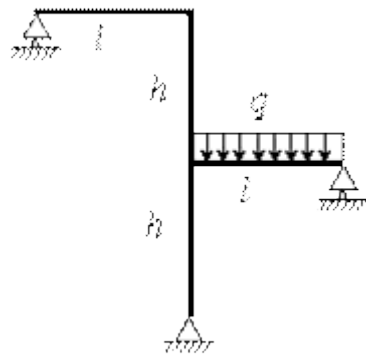
7 схема



8 схема



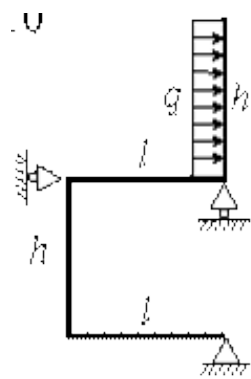
9 схема



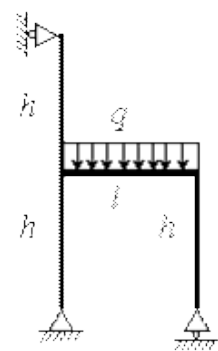
10 схема

11 схема

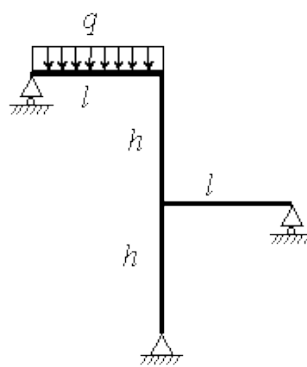
12 схема



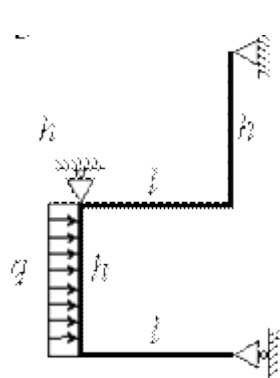
13 схема



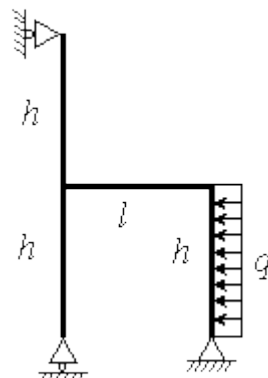
14 схема



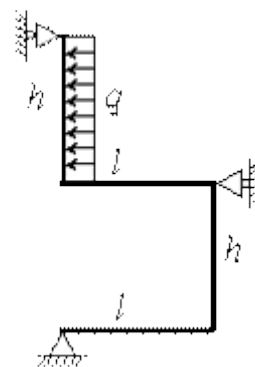
15 схема



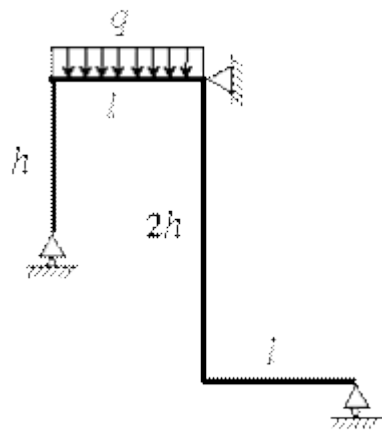
16 схема



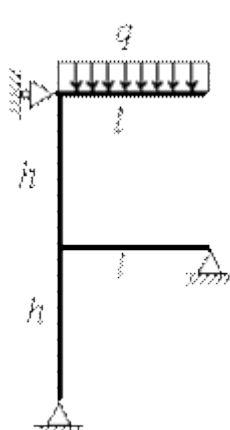
17 схема



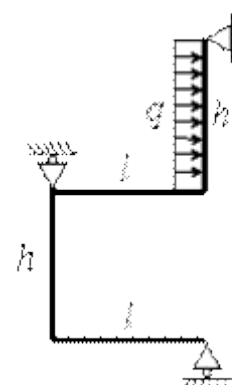
18 схема



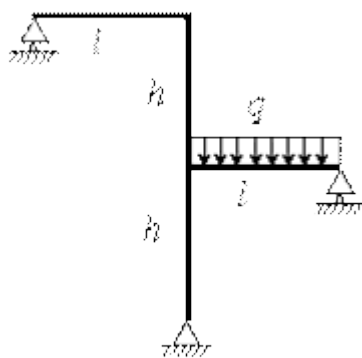
19 схема



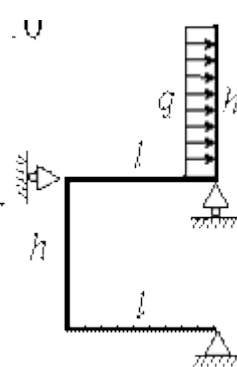
20 схема



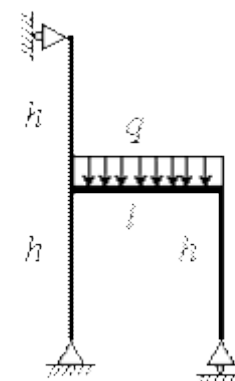
21 схема



22 схема



23 схема



24 схема

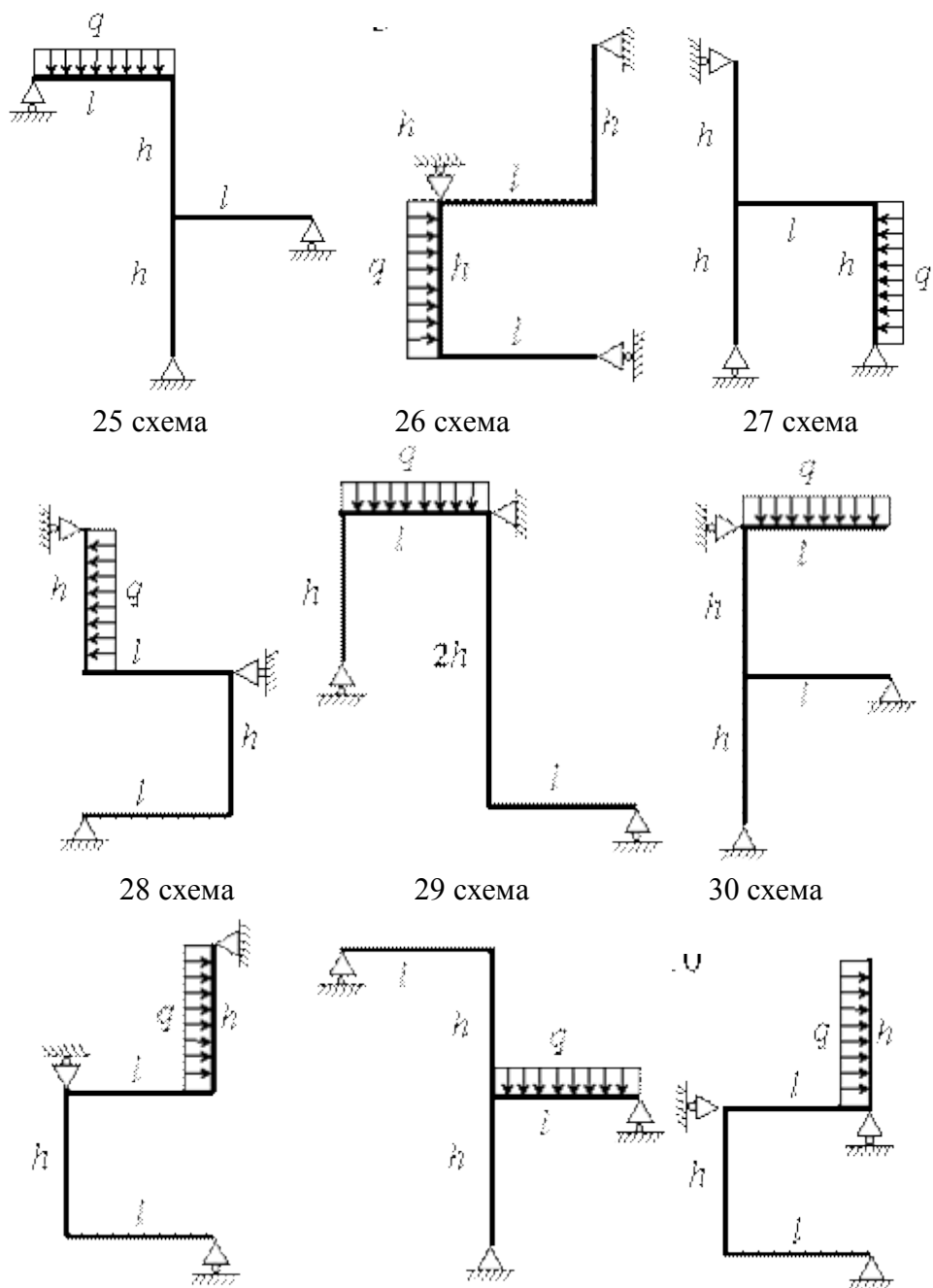


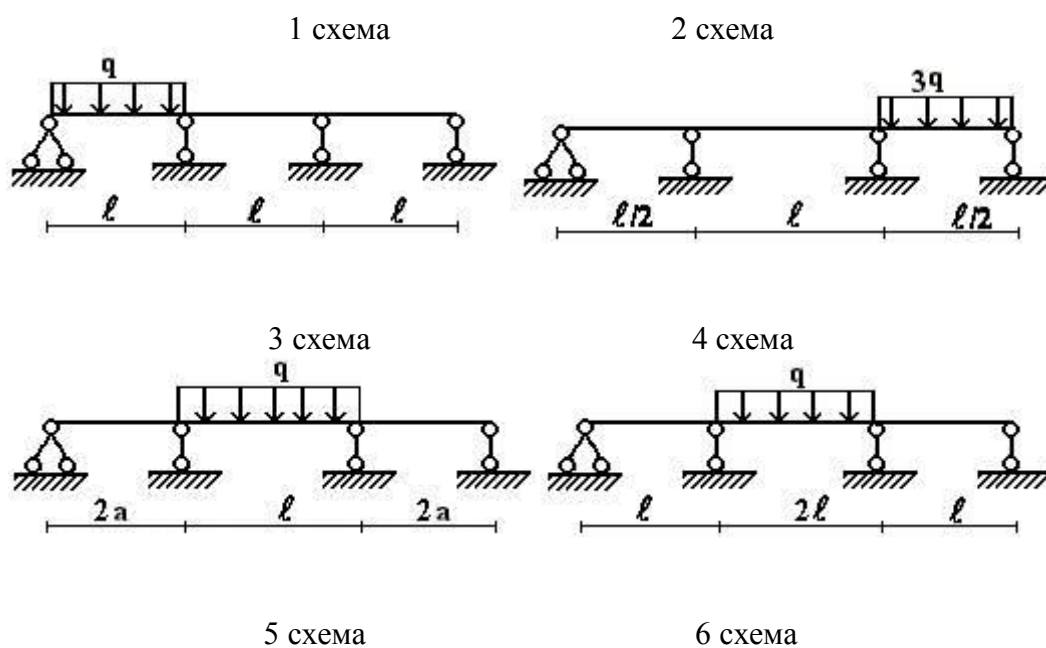
Рис. 4.1

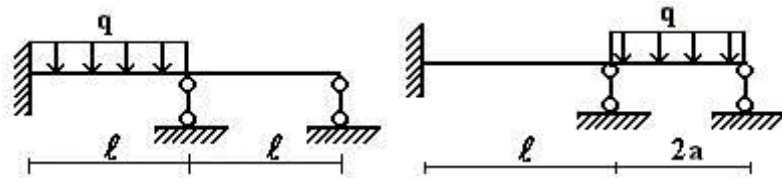
## РАСЧЕТ СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМЫХ БАЛОК

**ЗАДАНИЕ 4.2.** Для балки (рис. 4.2), соответствующей варианту задания, с размерами и нагрузкой, выбранными по шифру из табл. 4.2, требуется методом сил построить эпюры  $M$  и  $Q$ .

**Таблица 4.2**

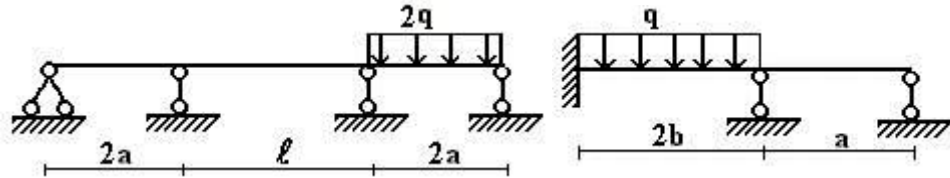
Номер строки	Номер схемы по рис.4.2	$q$ , кН/м	$a$ , м	$b$ , м	$l$ , м	Номер строки	Номер схемы по рис.4.2	$q$ , кН/м	$a$ , м	$b$ , м	$l$ , м
01	1	5	1	2	2	16	16	6	1	2	3
02	2	4	2	2	3	17	17	5	2	1	2
03	3	6	3	2	4	18	18	6	3	2	5
04	4	2	2	3	2	19	19	2	2	2	3
05	5	4	1	3	5	20	20	4	1	3	2
06	6	2	3	1	6	21	21	2	3	3	1
07	7	3	2	2	3	22	22	3	2	1	3
08	8	6	1	2	2	23	23	6	1	2	4
09	9	5	2	1	4	24	24	5	1	2	5
10	10	6	1	3	3	25	25	6	3	1	3
11	11	6	1	2	5	26	26	6	2	3	2
12	12	2	3	3	1	27	27	2	1	2	1
13	13	4	2	3	2	28	28	4	2	3	3
14	14	2	1	1	4	29	29	2	1	3	5
15	15	3	2	2	5	30	30	3	2	1	4
	б	г	в	а	г		б	г	в	а	г





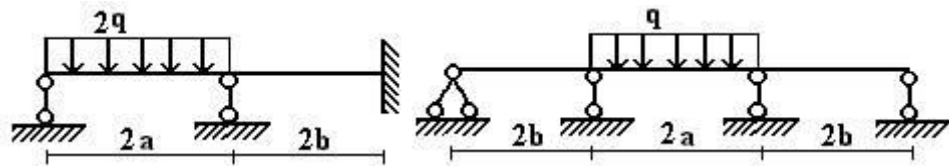
7 схема

8 схема



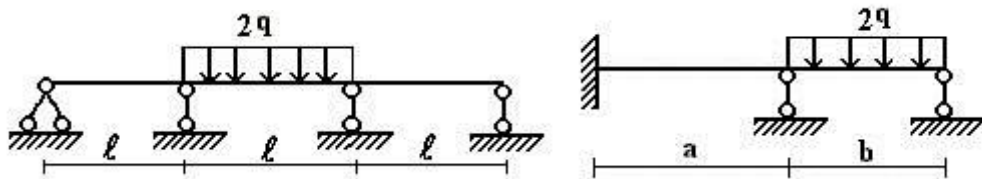
9 схема

10 схема



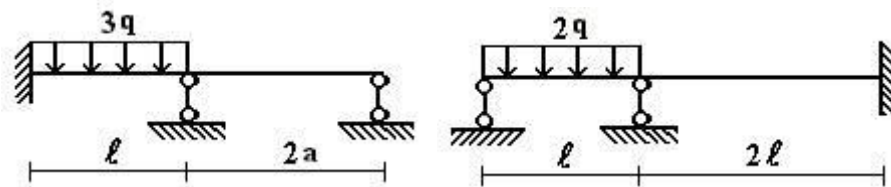
11 схема

12 схема



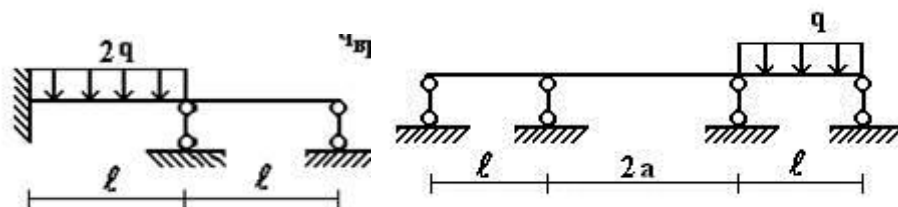
13 схема

14 схема



15 схема

16 схема



17 схема

18 схема

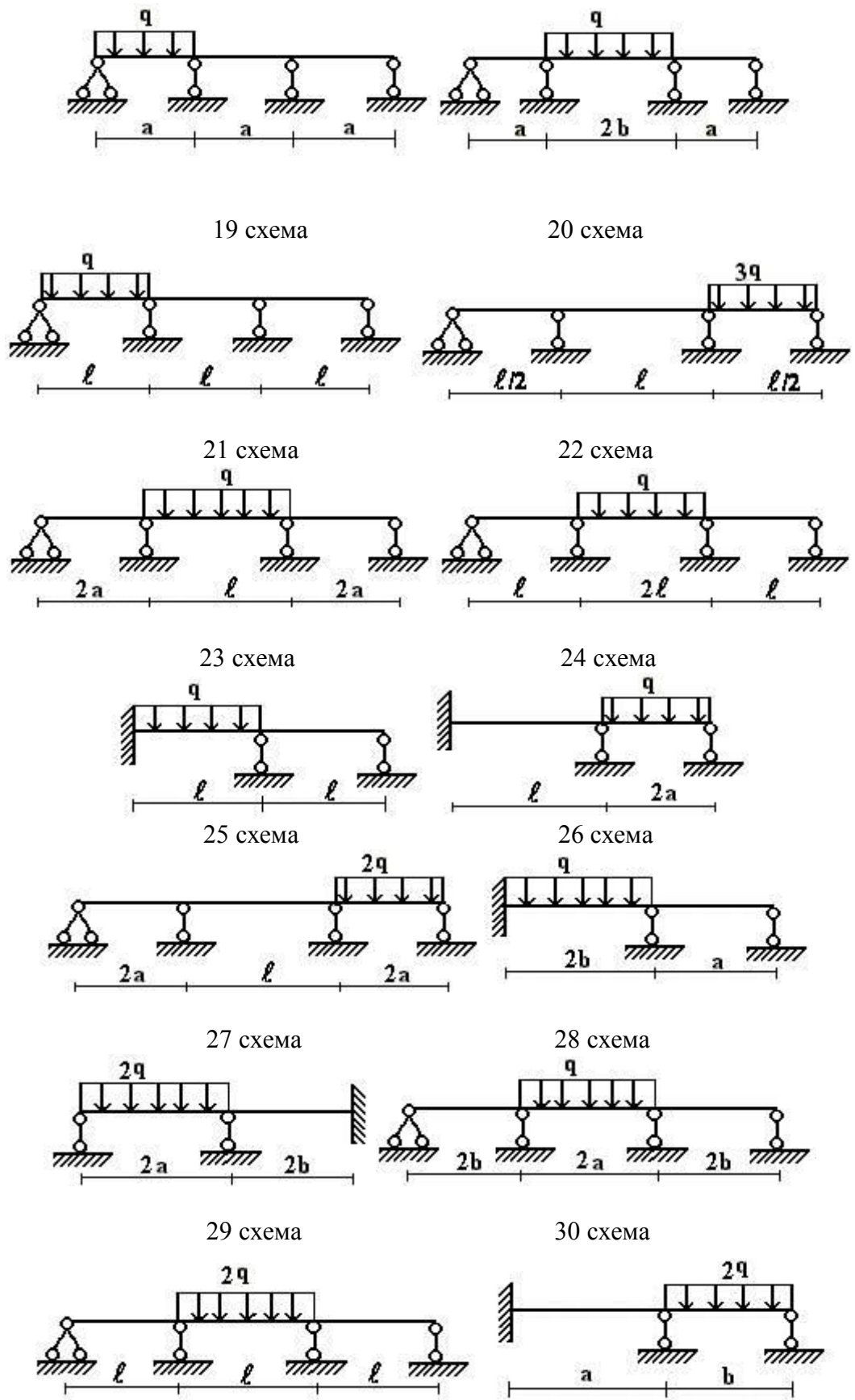


Рис. 4.2

## ВЫНУЖДЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ СИСТЕМЫ С ОДНОЙ СТЕПЕНЬЮ СВОБОДЫ

**ЗАДАНИЕ 5.1.** Исходные данные к задаче принимаются по табл. 5.1 и схемам на рис. 5.1

1. Определите круговую частоту свободных колебаний системы, предварительно выяснив направление возможных перемещений сосредоточенной массы.

2. Постройте эпюру изгибающих моментов от статического действия амплитудного значения заданной нагрузки  $F(t)$ .

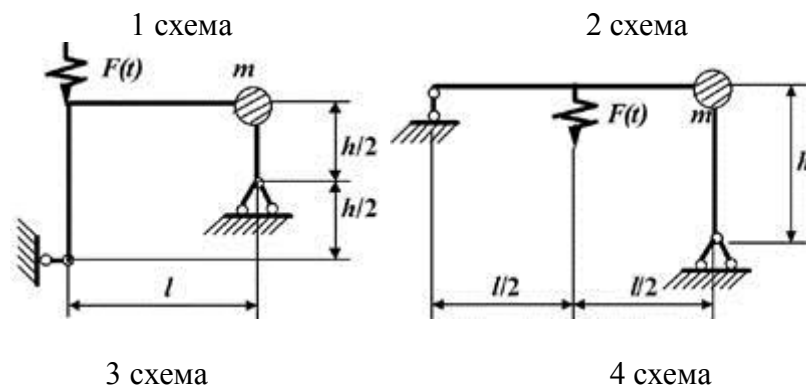
3. Вычислите величину перемещения сосредоточенной массы от статического действия амплитуды  $F(t)$ .

4. Определите амплитудное значение силы инерции, действующей на сосредоточенную массу в процессе вынужденных колебаний, принимая их частоту  $\theta$  в зависимости от частоты свободных колебаний  $\omega$  по табл. 5.1.

5. Постройте эпюру изгибающих моментов от динамического действия нагрузки.

**Таблица 5.1**

Номер строки	$\frac{\theta}{\omega}$	$\frac{F(t)}{\sin\theta t}$ кН	m, кг	EI, кНм <sup>2</sup>	l, м	Схема по рис.5.1	h, м
1	0,4	10	5000	70000	3	1	5
2	0,5	8	8000	40000	4	2	4
3	0,6	6	2000	20000	5	3	6
4	0,7	5	4000	15000	6	4	5
5	0,6	4	6000	30000	3	5	4
6	0,5	5	1000	6000	4	6	3
7	0,4	6	10000	50000	5	7	6
8	0,5	8	12000	30000	6	8	5
9	0,6	10	3000	10000	5	9	4
0	0,7	4	6000	20000	6	10	3
	в	г	а	б	в	г	а



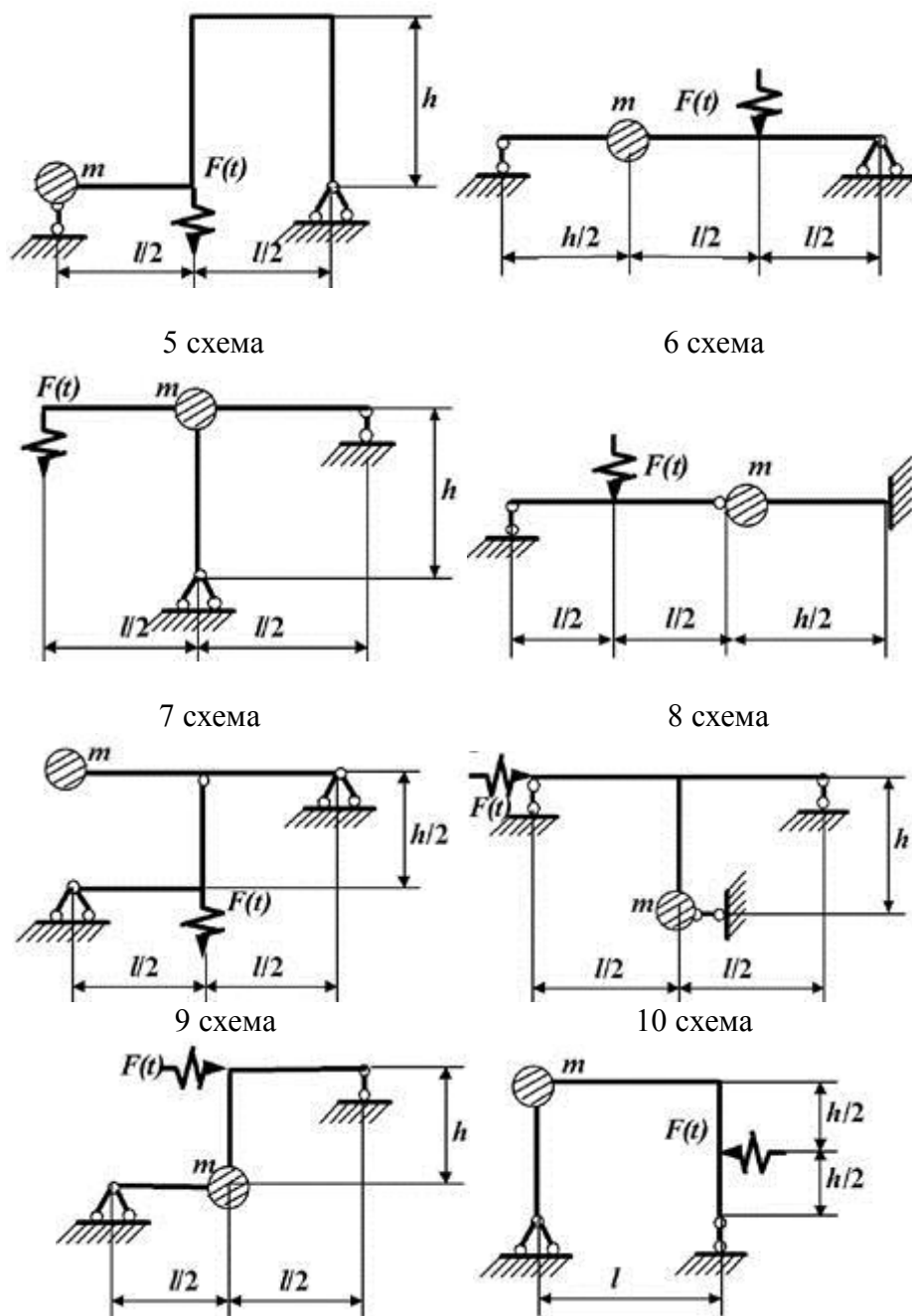


Рис. 5.1



## РАСЧЕТ ДВУХОПОРНОЙ БАЛКИ ПРИ ДЕЙСТВИИ ВЫНУЖДЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ

**ЗАДАНИЕ 5.2.** На стальной балке (рис 5.2), установлен электродвигатель весом  $G$ , совершающий  $n$  об/мин. Центробежная сила, возникающая вследствие неуравновешенности частей двигателя составляет  $F=0,2G$ .

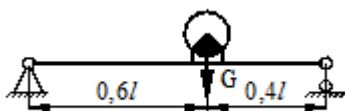
Подобрать двутавровое поперечное сечение балки из условия отстройки от резонанса  $\omega=1,4\varphi$ , определить максимальный прогиб и максимальные напряжения. Собственный вес балки не учитывается.

Данные взять из табл. 5.2.

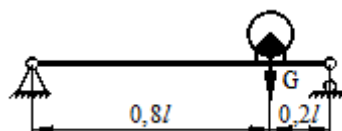
**Таблица 5.2**

Номер строки	Схема по рис.5.2	G, кН	n, об/мин	l, м	Номер строки	Схема по рис.5.2	G, кН	n, об/мин	l, м	Номер строки	Схема по рис.5.2	G, кН	n, об/мин	l, м
01	1	60	200	4	11	11	40	300	4,6	21	21	25	300	5,0
02	2	55	250	4,2	12	12	35	350	4,8	22	22	20	350	6,0
03	3	40	300	4,6	13	13	30	400	5,0	23	23	15	400	4,6
04	4	35	350	4,8	14	14	25	450	5,2	24	24	30	500	4,8
05	5	30	400	5,0	15	15	20	500	5,4	25	25	25	550	5,0
06	6	25	450	5,2	16	16	60	550	5,6	26	26	40	600	5,2
07	7	20	500	5,4	17	17	55	600	4	27	27	35	550	5,4
08	8	15	550	5,6	18	18	40	550	4,2	28	28	30	600	5,6
09	9	30	600	5,8	19	19	35	600	4,6	29	29	25	650	4
10	10	25	650	6,0	20	20	30	650	4,8	30	30	20	300	4,2
	г	а	б	в		г	а	б	в		г	а	б	в

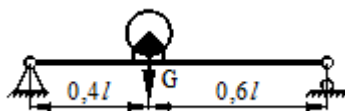
1 схема



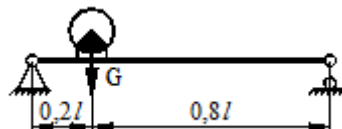
2 схема



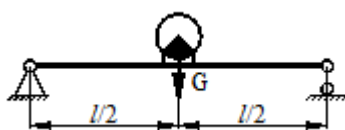
3 схема



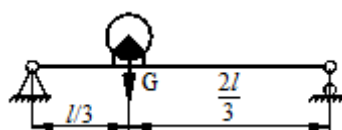
4 схема



5 схема

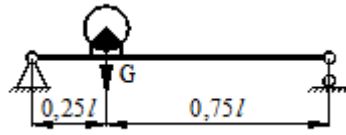


6 схема

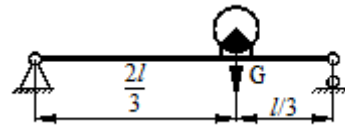


7 схема

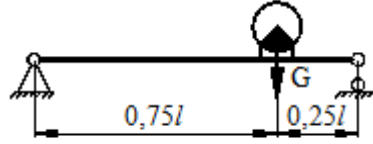
8 схема



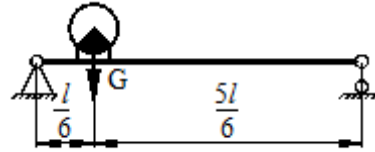
9 схема



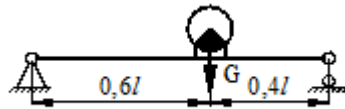
10 схема



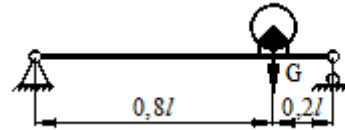
11 схема



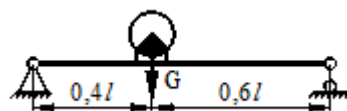
12 схема



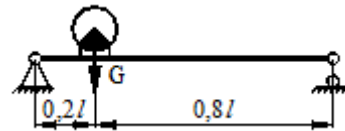
13 схема



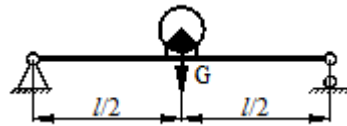
14 схема



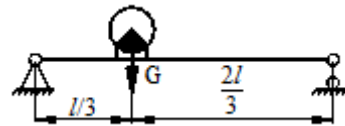
15 схема



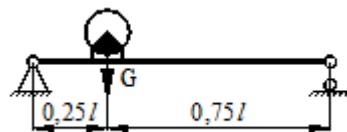
16 схема



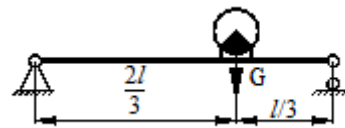
17 схема



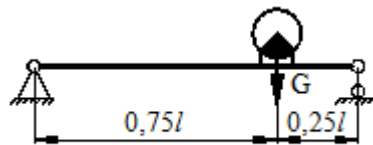
18 схема



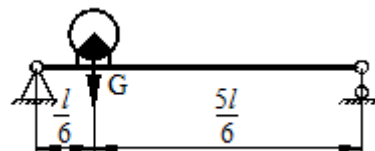
19 схема



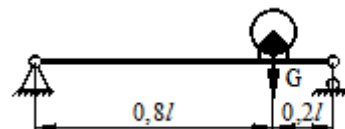
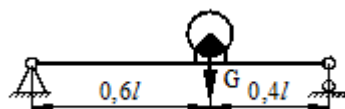
20 схема



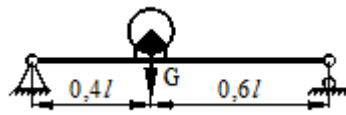
21 схема



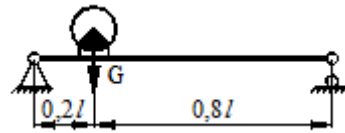
22 схема



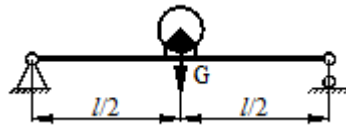
23 схема



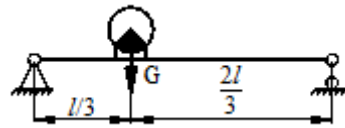
24 схема



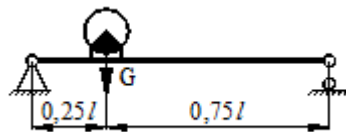
25 схема



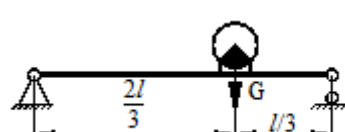
26 схема



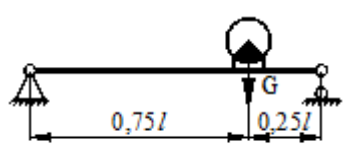
27 схема



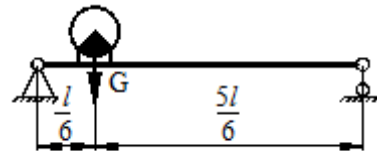
28 схема



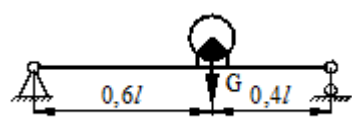
29 схема



30 схема



31 схема



32 схема

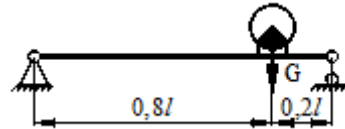


Рис. 5.2

## УСТОЙЧИВОСТЬ СЖАТОГО СТЕРЖНЯ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТИЧЕСКОЙ И ДОПУСКАЕМОЙ НАГРУЗКИ

**ЗАДАНИЕ 7.1.** Для стержня, нагруженного осевой сжимающей силой определить критическую нагрузку  $F_{cr}$  и допускаемое  $F_{adm}$  при заданном коэффициенте запаса устойчивости  $K_y$ . Длина стержня задана в м, размеры сечения в см.

Данные взять из таблиц 7.1, 7.2 и 7.3.

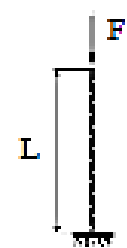
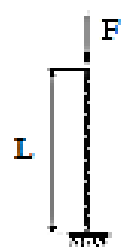
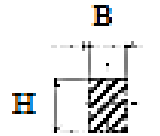

Таблица коэффициентов

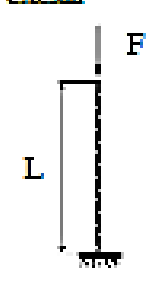
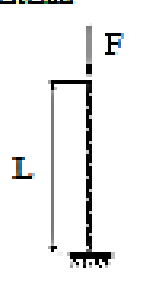


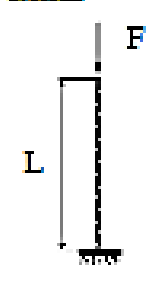
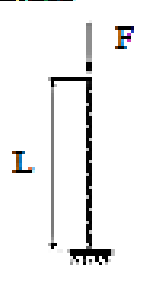


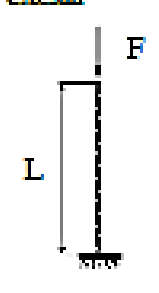
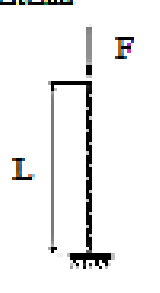


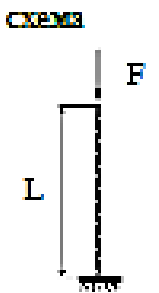
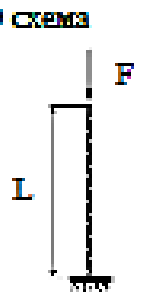


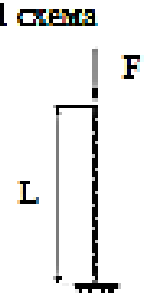
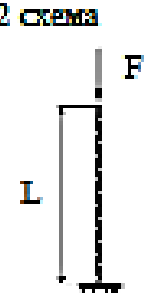
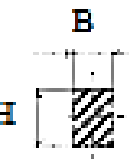

**Таблица 7.1.**

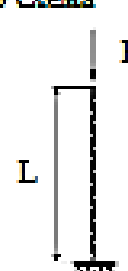
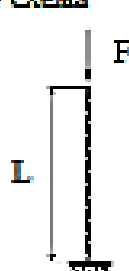


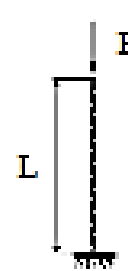
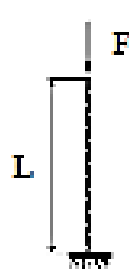


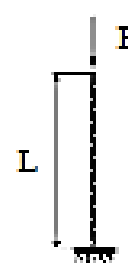
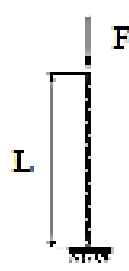


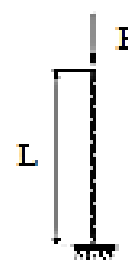
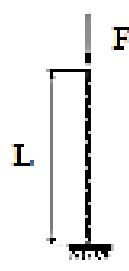
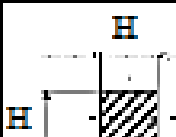

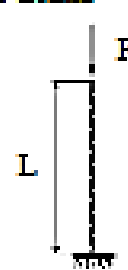
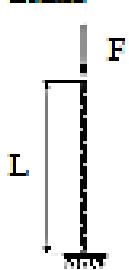


Материал		a, МПа	b, МПа	c, МПа
Сталь		336	1,47	---
Чугун		776	12	0,053
Дерево		29,3	0,194	---

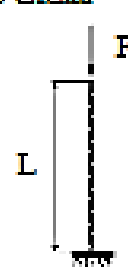
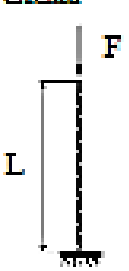
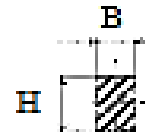

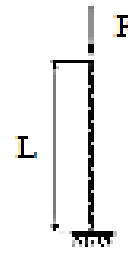
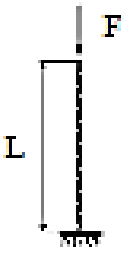

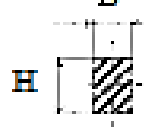
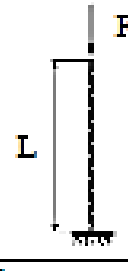
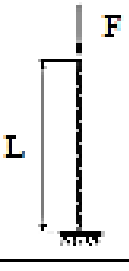


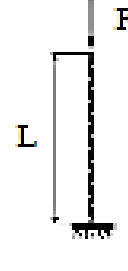
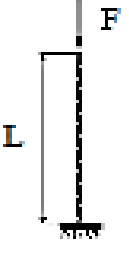


  

Номер строки	Схема по табл.7.3	Строка с числовыми данными в схеме	Номер строки	Схема по табл.7.3	Строка с числовыми данными в схеме	Номер строки	Схема по табл.7.3	Строка с числовыми данными в схеме
01	1	1	11	11	3	21	21	1
02	2	2	12	12	4	22	22	2
03	3	3	13	13	1	23	23	3
04	4	4	14	14	2	24	24	4
05	5	1	15	15	3	25	25	1
06	6	2	16	16	4	26	26	2
07	7	3	17	17	1	27	27	3
08	8	4	18	18	2	28	28	4
09	9	1	19	19	3	29	29	1
10	10	2	20	20	4	30	30	2

1 схема	L	H	K <sub>y</sub>	2 схема	L	№	K <sub>y</sub>
	1	2	10		1	3	50
	2	2,5	12		2	3,5	70
	3	2	8		3	2,5	30
	4	3	12		4	2,6	22
 Дерево H/B=2				 Сталь 3			

3 схема 		L	H	$K_p$	4 схема 		L	№	$K_p$
	1	3	20	3,2		1	2	10	13
	2	3,5	25	3		2	2,5	16	2,5
	3	2,5	30	2,8		3	1,5	5	2,9
	4	2	25	2,7		4	2	14	2,8
 Дерево					 Сталь 3 $I_x=I_y$				
5 схема 		L	H	$K_p$	6 схема 		L	№	$K_p$
	1	1,5	20	3		1	2,5	140x140x10	1,7
	2	2	2,5	2,5		2	2	160x160x11	1,8
	3	2,5	30	2,6		3	1,5	110x110x7	2,5
	4	2	30	2,7		4	3	160x160x10	1,9
 Дерево					 Сталь 3				
7 схема 		L	d	$K_p$	8 схема 		L	D	$K_p$
	1	2,5	15	3,2		1	2	20	5
	2	2	10	3,2		2	1,5	10	6
	3	1,5	15	3,2		3	2,5	15	5,5
	4	2	20	3,2		4	2	15	5,7
 Дерево					 Сталь $d/D=0,6$				
9 схема 		L	№	$K_p$	10 схема 		L	№	$K_p$
	1	2,5	24	1,5		1	2,5	22	3
	2	3	27	2,5		2	3	20	2,9
	3	2	20	2,9		3	2	14	2,8
	4	1,5	12	2,8		4	1,5	12	2,7
 Сталь 3					 Сталь 3				
11 схема 		L	H	$K_p$	12 схема 		L	№	$K_p$
	1	3	15	3		1	3	5	2,6
	2	2,5	7	3,2		2	3,5	8	2,3
	3	2	6	3,1		3	4	10	2,4
	4	1,5	6	2,6		4	2,5	8	2,3
 Дерево $H/B=2$					 Сталь 3				

13 схема 		L	D	$K_p$	14 схема 		L	№	$K_p$
	1	4	14	2,5		1	2,5	80x50x5	2,2
	2	3,5	10	2,6		2	3	96x56x6	2,1
	3	3	10	2,7		3	3,5	90x56x6	2
	4	2,5	10	2,8		4	4	80x50x6	1,9
 Дерево d					 Сталь 3				
15 схема 		L	№	$K_p$	16 схема 		L	H	$K_p$
	1	6	140x140x10	1,5		1	4	12	3,1
	2	5	160x160x11	1,6		2	4,5	14	3,2
	3	5,5	110x11x7	1,7		3	3,5	12	3,1
	4	4	160x160x10	1,8		4	3	8	2,6
 Сталь 3					 Дерево H				
17 схема 		L	№	$K_p$	18 схема 		L	№	$K_p$
	1	6	30	1,9		1	4	24	3
	2	5	22	2		2	3	30	2,9
	3	4,5	70	2,1		3	3,5	33	2,8
	4	5,5	50	2,2		4	4	20	2,7
 Сталь 3					 Сталь 3				
19 схема 		L	H	$K_p$	20 схема 		L	№	$K_p$
	1	4	10	2,5		1	6	10	2,6
	2	3,5	10	2,6		2	5,5	8	2,8
	3	3	12	2,7		3	5	14	2,4
	4	4	8	2,8		4	4,5	12	2,3
 Дерево H					 Сталь 3				
21 схема 		L	№	$K_p$	22 схема 		L	D	$K_p$
	1	5	80x80x6	2,3		1	4	10	5,1
	2	5,5	90x90x6	2,4		2	3,5	8	5,2
	3	4,5	100x100x6	2,5		3	3	10	5,3
	4	4	100x100x6	2,6		4	4	14	5,4
 Сталь 3					 Чугун d/D=0,6 D				

23 схема 		L	H	$K_y$	24 схема 		L	d	$K_y$
	1	6	12	2,5		1	4	10	2,6
	2	5,5	10	2,5		2	4,5	10	2,5
	3	5	12	2,7		3	5,2	12	2,7
	4	4,5	12	2,8		4	5,2	12	2,8
 Дерево $H/B=2$					 Дерево				
25 схема 		L	d	$K_y$	26 схема 		L	H	$K_y$
	1	3,5	10	3,2		1	2,5	6	2,9
	2	3	8	3,1		2	3	6	3
	3	4	6	3		3	3,5	5	3,1
	4	4,5	8	3,1		4	4	6	3,2
 Дерево					 Дерево $H/B=2$				
27 схема 		L	№	$K_y$	28 схема 		L	№	$K_y$
	1	5	18	1,5		1	6	14	1,5
	2	5,5	20	1,6		2	5,5	14	1,6
	3	4,5	22	1,7		3	4	18	1,7
	4	3,5	18	1,8		4	5	24	1,8
 Сталь 3					 Сталь 3				
29 схема 		L	H	$K_y$	30 схема 		L	№	$K_y$
	1	2,5	8	2,9		1	6	4	1,9
	2	3	8	2,8		2	5,5	5	2
	3	3,5	8	2,7		3	5	12	2,1
	4	4	6	2,6		4	4	1	2,2
 Дерево					 Сталь 3				

## РАСЧЕТ СТАЛЬНОЙ КОЛОННЫ НА УСТОЙЧИВОСТЬ

**ЗАДАНИЕ 7.2.** Для стальной составной колонны с заданными нагрузкой  $F$ , длиной  $L$  и опорными закреплениями и типом поперечного сечения требуется:

1. Из условия устойчивости колонны подобрать номер прокатного профиля, принимая для стали Ст.3 допускаемое напряжение  $[\sigma] = 160$  МПа.

2. Из условия устойчивости отдельных ветвей колонны определить необходимое количество соединительных планок и их размеры.

Примечание:

Согласно заданного варианта тип опорных закреплений взять на рис. 7.1, данные для расчета – из таблицы 7.5 графы (3, 5, 6, 8), тип поперечного сечения – на рис. 7.2.

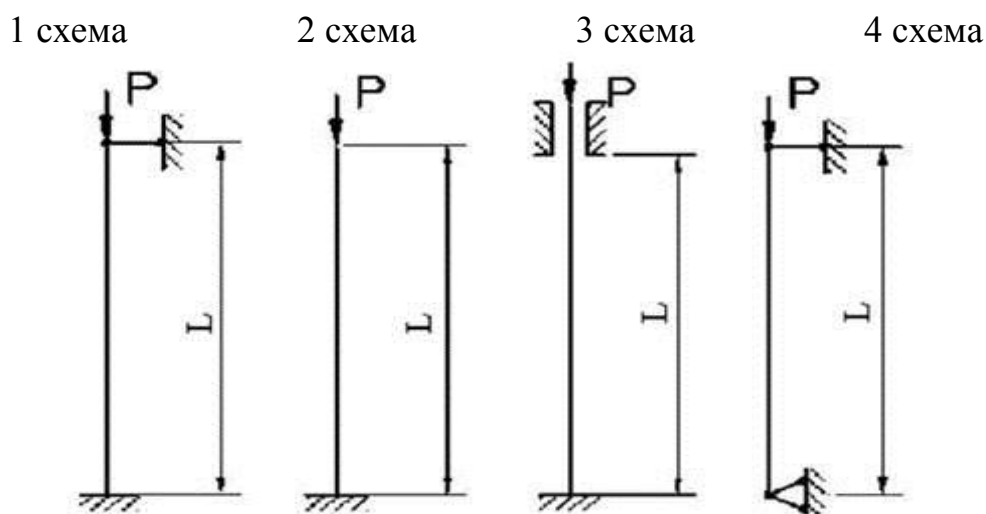
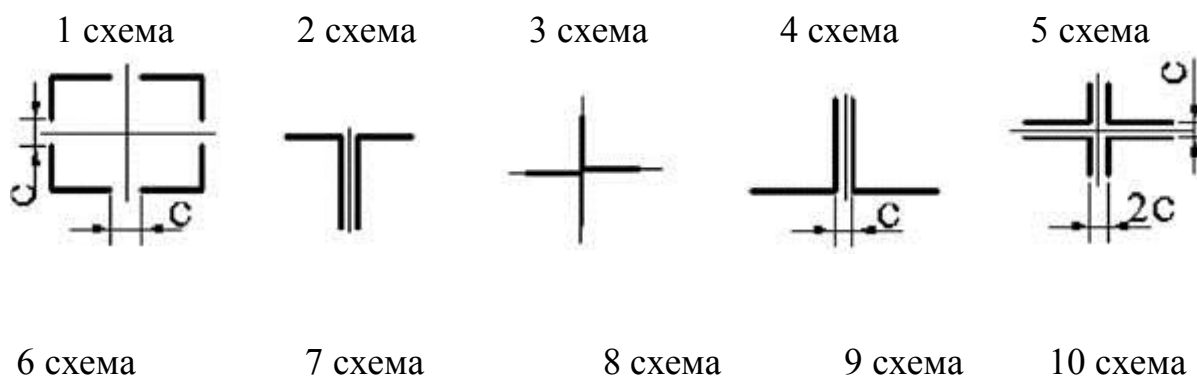


Рис. 7.1





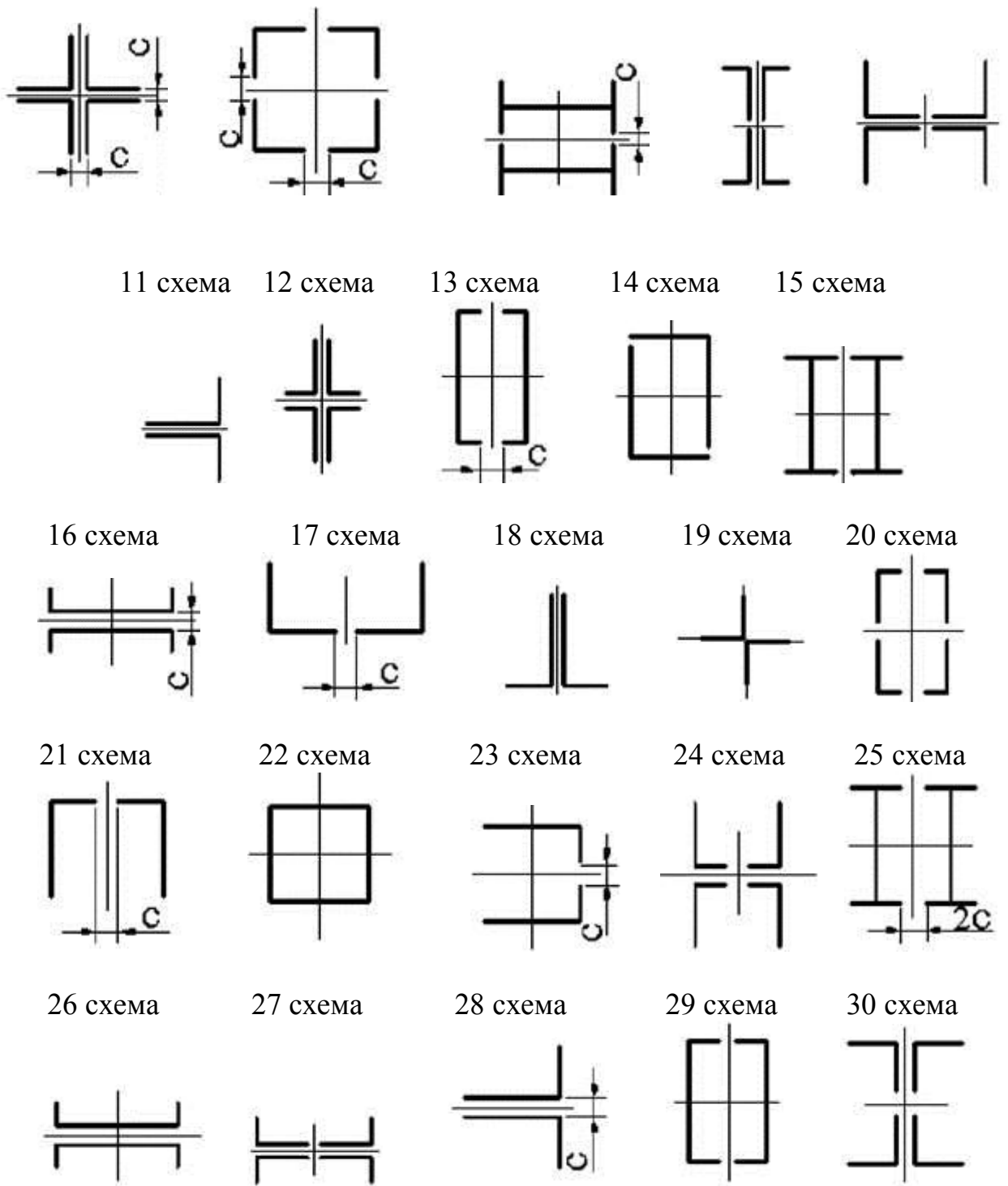


Рис. 7.2

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ ЦЕНТРАЛЬНО-СЖАТОГО СТЕРЖНЯ

**ЗАДАНИЕ 7.3.** Исходные данные к задаче принимаются по таблицам 7.4, 7.5 и схемам по рисункам 7.3, а, б.

1. Нарисуйте в масштабе поперечное сечение стержня. Покажите положение главных центральных осей инерции и найдите моменты инерции относительно этих осей.

2. Определите минимальный радиус инерции, гибкость стержня и по таблице коэффициент понижения допускаемых напряжений.

3. Из условия устойчивости найдите значение допускаемой нагрузки.

4. Проверьте, выполняется ли для найденной нагрузки условие прочности, считая, что ослабления составляют 15% площади сечения. Если это условие не выполняется, найдите новое значение допускаемой нагрузки.

5. Найдите значение критической нагрузки и определите коэффициент запаса устойчивости. Формулу для определения критической нагрузки выберите в соответствии с гибкостью стержня и его материалом.

Примечание. Значения эмпирических коэффициентов, необходимых для вычисления критической нагрузки, найдите по данным нижеприведенной таблицы.

Таблица коэффициентов

**Таблица 7.4.**

Материал	E, МПа	$\sigma_T$ , МПа	$\sigma_{пл}$ , МПа	Коэффициенты формулы Ясинского		$\lambda_T$
				a, МПа	b, МПа	
Сталь С235	2·105	235	195	295	1,0	60
Сталь С275	2·105	275	245	345	1,1	63

**Таблица 7.5**

Номер строки	№ схемы на рис. 7.3, а	l, м	Материал – сталь марки	Форма сечения на рис. 7.3, б	Размер планки, мм	№ двутавра	№ швеллера
01	1	6	С275	1	180x8	18	14
02	2	8	С235	2	190x10	16	12
03	3	4	С275	3	-	20	16
04	4	12	С235	4	-	18	16а
05	1	7	С275	5	220x12	22	18
06	2	9	С235	6	230x14	30	18а
07	3	3	С275	7	240x14	33	24
08	4	10	С235	8	-	24	20
09	1	5	С275	9	-	27	22
10	2	11	С235	10	-	36	27
	а	б	г	в	а	б	в

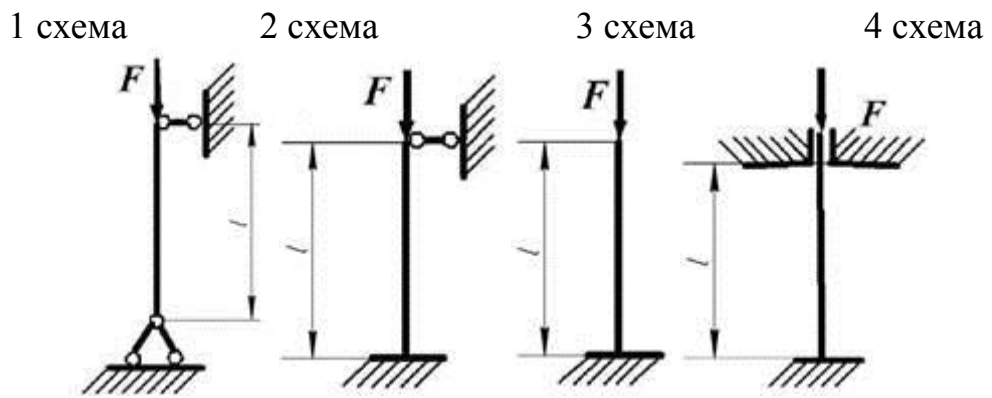


Рис. 7.3, а

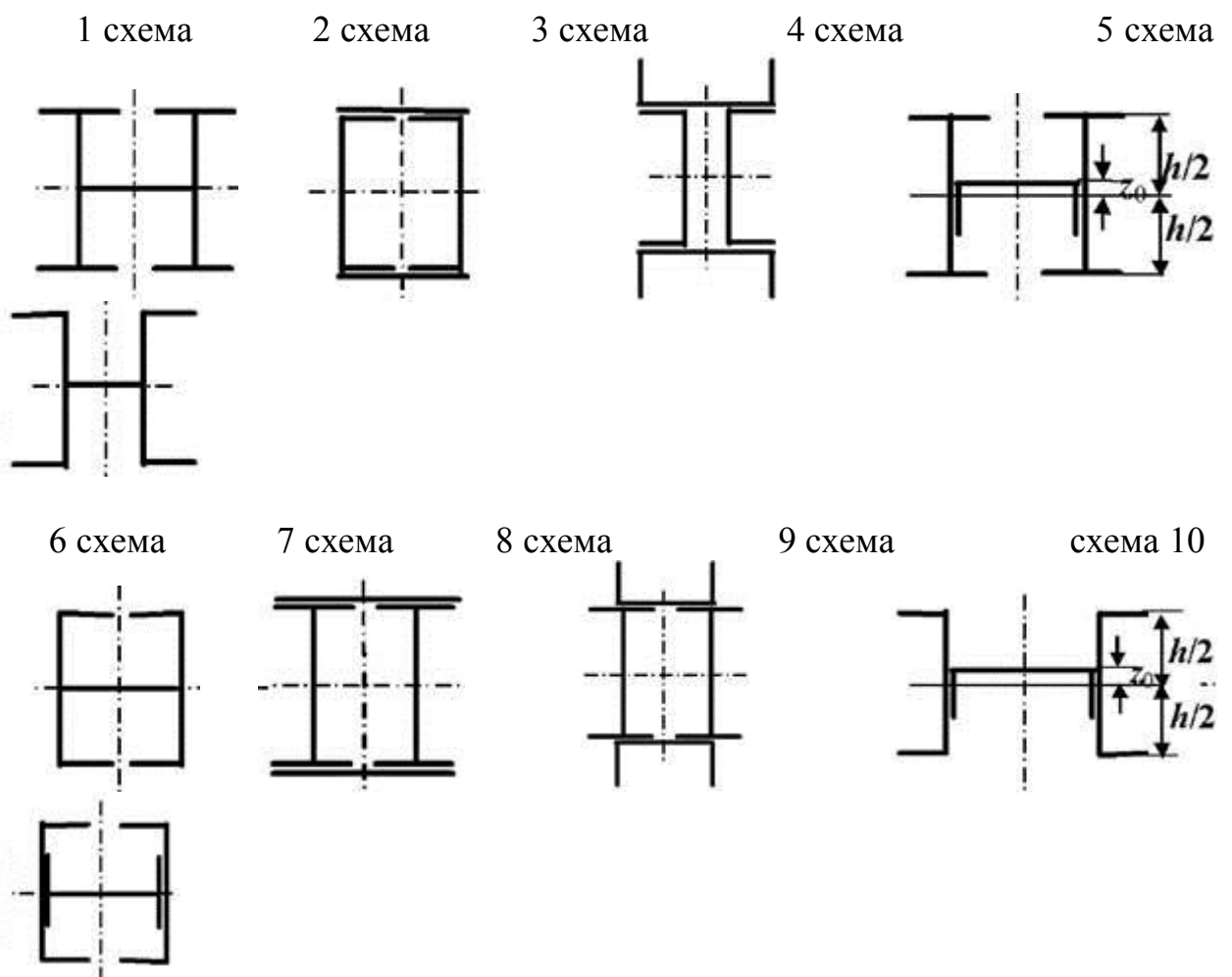


Рис. 7.3, б

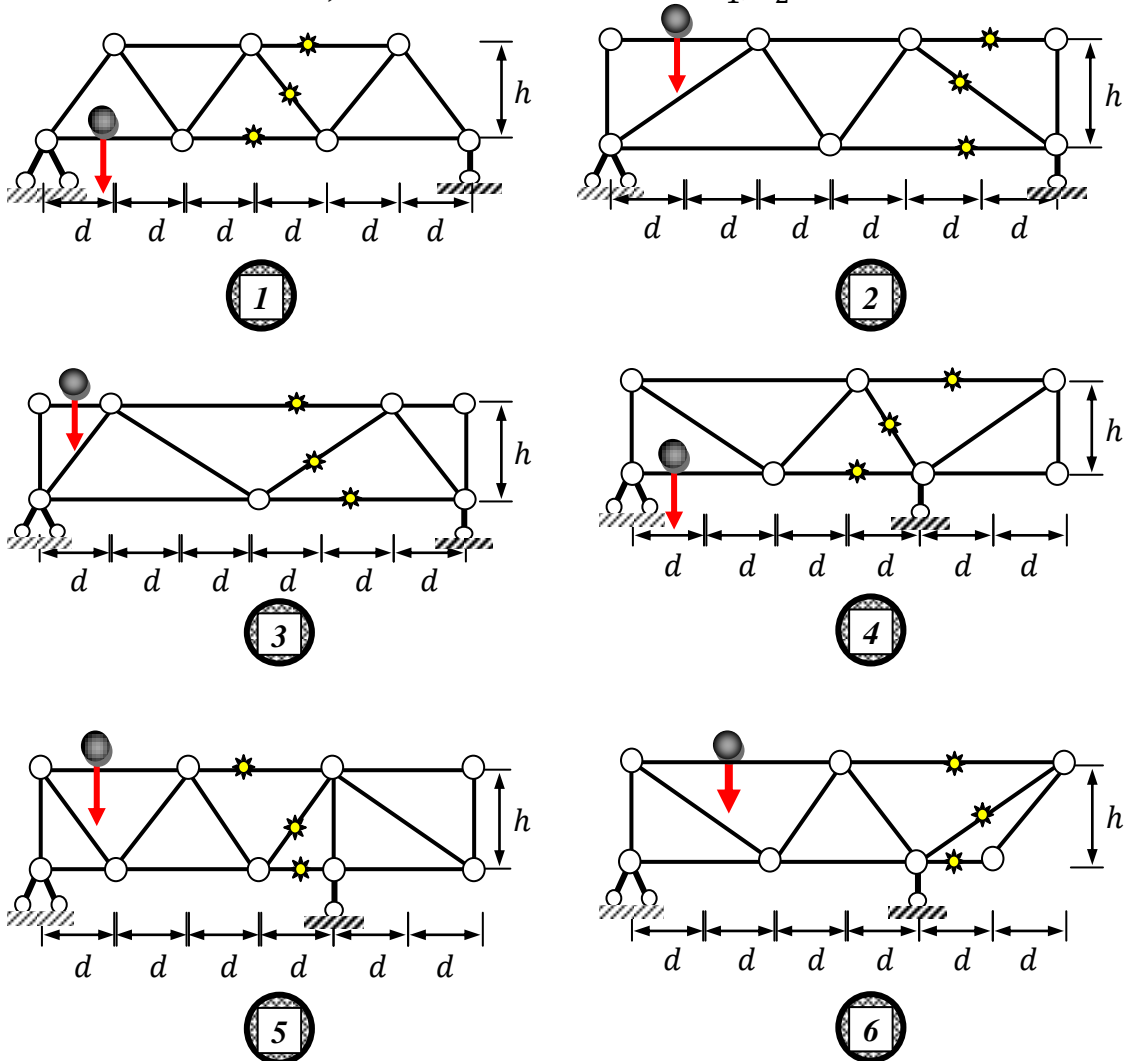
### 3.6 Многовариантные задачи без фиксации данных

**Задание № 4** Определение линий влияния стержней статически определимой балочной фермы (рис.4.1).

Для статически определимой фермы требуется определить:

- усилия в отмеченных стержнях, если к узлам фермы приложены одинаковые вертикальные силы  $F$ ;
- построить линии влияния реакций опор и усилий отмеченных стержней при движении подвижной нагрузки по верхнему (нижнему) поясу фермы (ездовая линия);
- вычислить усилия стержней, пользуясь линиями влияния;
- вычислить максимальное усилие в отмеченном раскосе фермы при прохождении спаренного груза  $F_1 - F_2$  с расстоянием между центрами  $r = 2\text{ м}$ .

Индивидуальные варианты схем (рис.4.1) нагружения фермы, ее размеры и величины действующих сил определяются преподавателем из интервалов:  $3 \leq d \leq 5.0 \text{ м}$ ,  $1 \leq h \leq 2.5 \text{ м}$ ,  $10 \leq F_1, F_2 \leq 20 \text{ кН}$ .



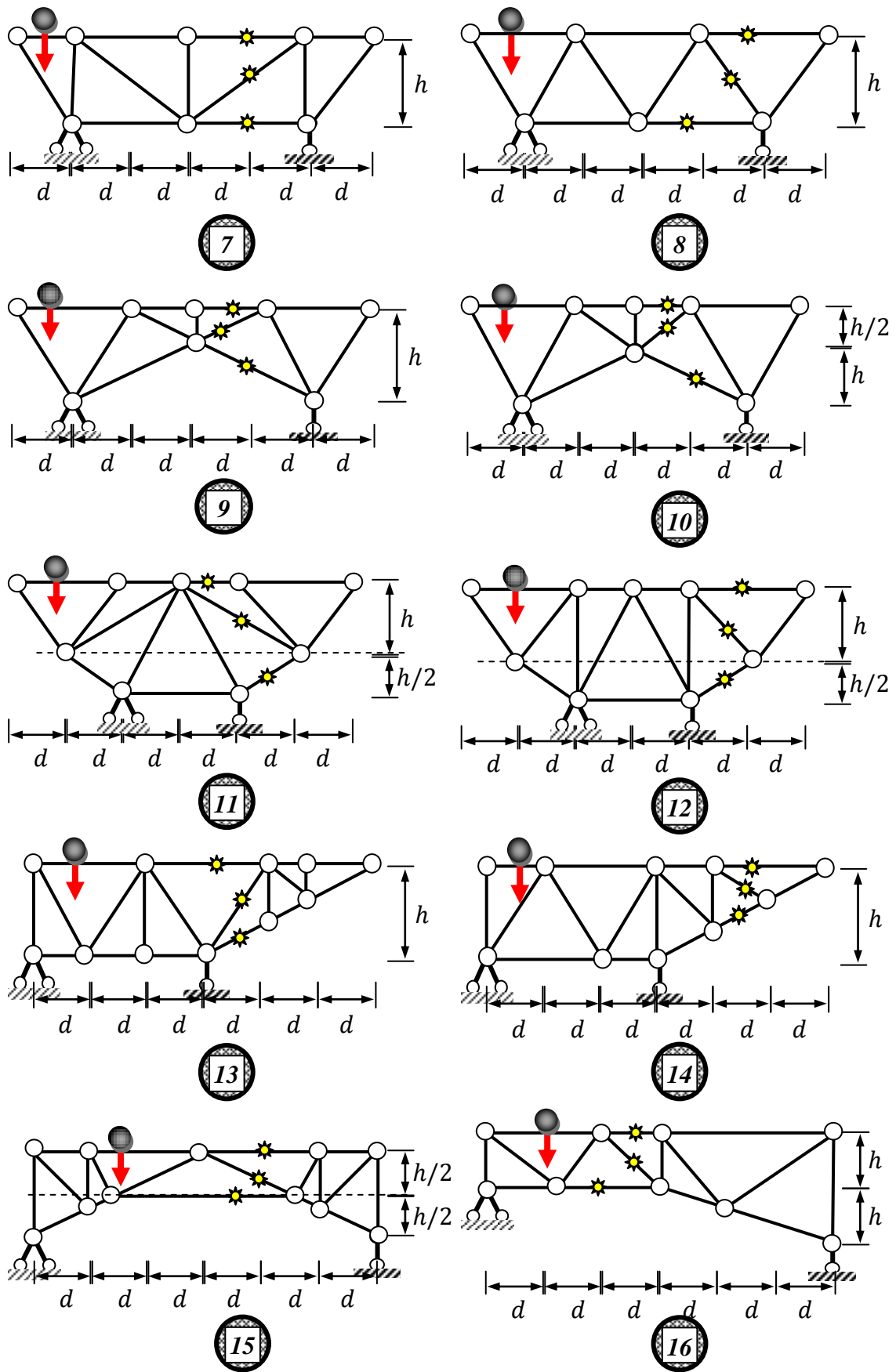


Рис. 4.1

### Примеры выполнения задания.

Пример 1. Для статически определимой фермы (рис. 4.2) требуется определить:

- усилия в отмеченных стержнях, если к узлам фермы приложены одинаковые вертикальные силы  $F$ ;
- построить линии влияния реакций опор и усилий отмеченных стержней при движении подвижной нагрузки по верхнему (нижнему) поясу фермы (ездовая линия);
- вычислить усилия стержней 10-11, 4-5, 4-11, пользуясь линиями влияния.

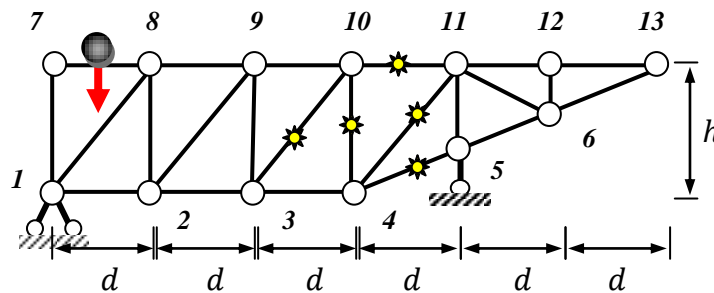


Рис. 4.2

### Решение.

1. Определение реакций опор.

Составим уравнение моментов относительно каждой опоры фермы (1 и 5).

$$\sum M_{1,i} = -2F \cdot d - 2F \cdot 2d - 2F \cdot 3d - F \cdot 4d - 2F \cdot 5d - F \cdot 6d + 4d \cdot R_5 = 0$$

$$R_5 = 8F$$

$$\sum M_{5,i} = -2F \cdot d - F \cdot 2d + 2F \cdot d + 2F \cdot 2d + 2F \cdot 3d + F \cdot 4d - 4d \cdot R_1 = 0$$

$$R_1 = 3F$$

Проверка:  $\sum Y_i = -11F + R_5 + R_1 = -11F + 11F \equiv 0$

2. Определение усилий в сечениях стержня.

Проведем сечение через стержни 10-11, 4-11 и 4-5 (рис. 4.3), отбросим правую часть фермы и определим усилия в этих стержнях методом моментных точек (метод Риттера) в сочетании с теоремой Вариньона.

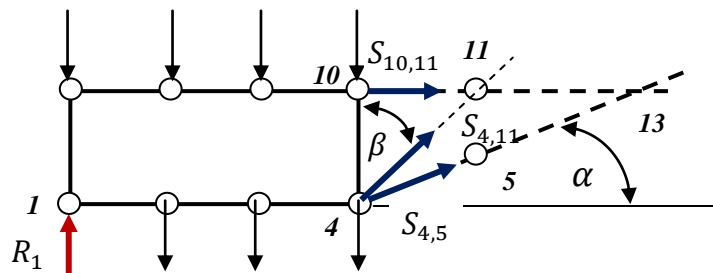


Рис. 4.3

$$\operatorname{tg} \alpha = h/3d, \operatorname{tg} \beta = d/h,$$

$$\sum M_{4,i} = -h \cdot S_{10,11} + 2F \cdot d + 2F \cdot 2d + F \cdot 3d - 3d \cdot R_1 = 0,$$

$$h \cdot S_{10,11} = 9dF - 3d \cdot 3F = 0 \Rightarrow S_{10,11} = 0$$

$$\sum M_{11,i} = (S_{4,5} \cos \alpha) \cdot h - (S_{4,5} \sin \alpha) \cdot d + 2F \cdot d + 2F \cdot 2d + 2F \cdot 3d + F \cdot 4d - 4d \cdot R_1 = 0 \Rightarrow$$

$$S_{4,5} \cdot h \cdot \cos \alpha \left(1 - \frac{d}{h} \cdot \operatorname{tg} \alpha\right) + 16Fd - 4d \cdot R_1 = 0, S_{4,5} = -\frac{6Fd}{h \cdot \cos \alpha}.$$

$$\sum M_{13,i} = (S_{4,11} \sin \beta) \cdot h - (S_{4,11} \cos \beta) \cdot 3d + 2F \cdot 3d + 2F \cdot 4d + 2F \cdot 5d + F \cdot 6d - 6d \cdot R_1 = 0 \Rightarrow$$

$$S_{4,11} \cdot h \cdot \cos \beta \left(\operatorname{tg} \beta - \frac{3d}{h}\right) + 30dF - 6dR_1 = 0, S_{4,11} = \frac{6F}{\cos \beta}$$

Усилия в стержнях 4-10 и 3-10 легче определить методом вырезания узлов в последовательности  $4 \mapsto 10$  (рис. 4.4).

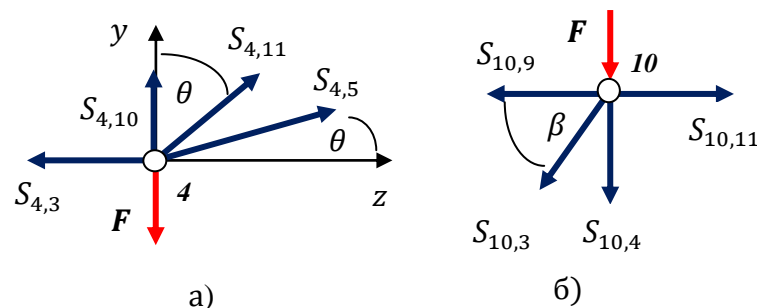


Рис. 4.4

Узел 4 (рис. 4.4а).

$$\sum Y_i = -F + S_{4,10} + S_{4,11} \cos \beta + S_{4,5} \sin \alpha = 0,$$

$$S_{4,10} = F - \frac{6F}{\cos \beta} \cdot \cos \beta + 6F \frac{d}{h \cdot \cos \alpha} \cdot \sin \alpha = F - 6F + 2F = -3F,$$

Узел 10 (рис. 4.4б).

$$\sum Y_i = -F - S_{4,10} - S_{10,3} \cos \beta = 0, \quad S_{10,3} = -\frac{F + S_{4,10}}{\cos \beta} = \frac{2F}{\cos \beta}$$

### 3. Определение линий влияния.

Линии влияния реакций опор фермы определяются также как и для балки. Следовательно, получим:

$$R_1 = 1 - \frac{z}{4d}, R_5 = \frac{z}{4d}$$

Для определения линий влияния стержней 10-11, 4-11 и 4-5 (рис. 4.5 и 4.3) проведем сечение через них, отбросим правую часть фермы и определим зависимость усилий в стержнях от положения единичного груза  $P = 1$ . Удобно пользоваться методом Риттера для стержней отсеченной панели, полагая, что справедливо равенство:

$$P = \begin{cases} 1, & \text{груз левее панели (левая ветвь л. вл.)} \\ 0, & \text{груз правее панели (правая ветвь л. вл.)} \end{cases}$$

Последнее равенство позволяет определить левую и правую ветви линии влияния единообразно.

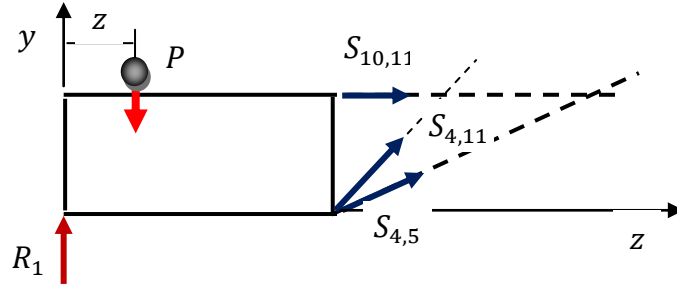


Рис. 4.5

$$\sum M_{4,i} = -h \cdot S_{10,11} + (3d - z)P - 3d \cdot R_1 = 0 ,$$

$$S_{10,11} = -\frac{3d}{h} \left[ R_1 - \left( 1 - \frac{z}{3d} \right) P \right] \Rightarrow S_{10,11} = \begin{cases} -\frac{z}{4h}, & 0 \leq z \leq 3d \\ -\frac{3d}{h} R_1, & 4d \leq z \leq 6d \end{cases}$$

$$\sum M_{11,i} = (S_{4,5} \cos \alpha) \cdot h - (S_{4,5} \sin \alpha) \cdot d + (4d - z)P - 4d \cdot R_1 = 0 \Rightarrow$$

$$S_{4,5} = \frac{6d}{h \cdot \cos \alpha} \left[ R_1 - \left( 1 - \frac{z}{4d} \right) P \right] \Rightarrow$$

$$S_{4,5} = \begin{cases} 0, & 0 \leq z \leq 3d \\ \frac{6d}{h \cdot \cos \alpha} R_1, & 4d \leq z \leq 6d \end{cases}$$

$$\sum M_{13,i} = (S_{4,11} \sin \beta) \cdot h - (S_{4,11} \cos \beta) \cdot 3d + (6d - z)P - 6d \cdot R_1 = 0 \Rightarrow$$

$$S_{4,11} \cdot h \cdot \cos \beta \left( \operatorname{tg} \beta - \frac{3d}{h} \right) = 6d \left[ R_1 - \left( 1 - \frac{z}{6d} \right) P \right] \Rightarrow$$

$$S_{4,11} = \begin{cases} \frac{1}{4d \cdot \cos \beta} z, & 0 \leq z \leq 3d \\ -\frac{3}{\cos \beta} R_1, & 4d \leq z \leq 6d \end{cases}$$

Для определения линий влияния стержней 4-10 и 3-10 воспользуемся методом вырезания узлов (рис. 4.4 без силы  $F$ ).

$$\text{Узел 4 (рис. 4.5а). } \sum Y_i = S_{4,10} + S_{4,11} \cos \beta + S_{4,5} \sin \alpha = 0 ,$$

$$S_{4,10} = \begin{cases} R_1 - 1 - \frac{z}{3d}, & 0 \leq z \leq 3d \\ R_1, & 4d \leq z \leq 6d \end{cases} ,$$

$$\text{Узел 10 (рис. 4.5б). } \sum Y_i = -S_{4,10} - S_{10,3} \cos \beta = 0 ,$$

$$S_{10,3} = \begin{cases} -\frac{1}{\cos \beta} (R_1 - 1 - z/3d), & 0 \leq z \leq 2d \\ -\frac{1}{\cos \beta} R_1, & 3d \leq z \leq 6d \end{cases}$$



4. Построим линии влияния (рис. 4.6) по их уравнениям с учетом узловой передачи нагрузки (передаточная линия).

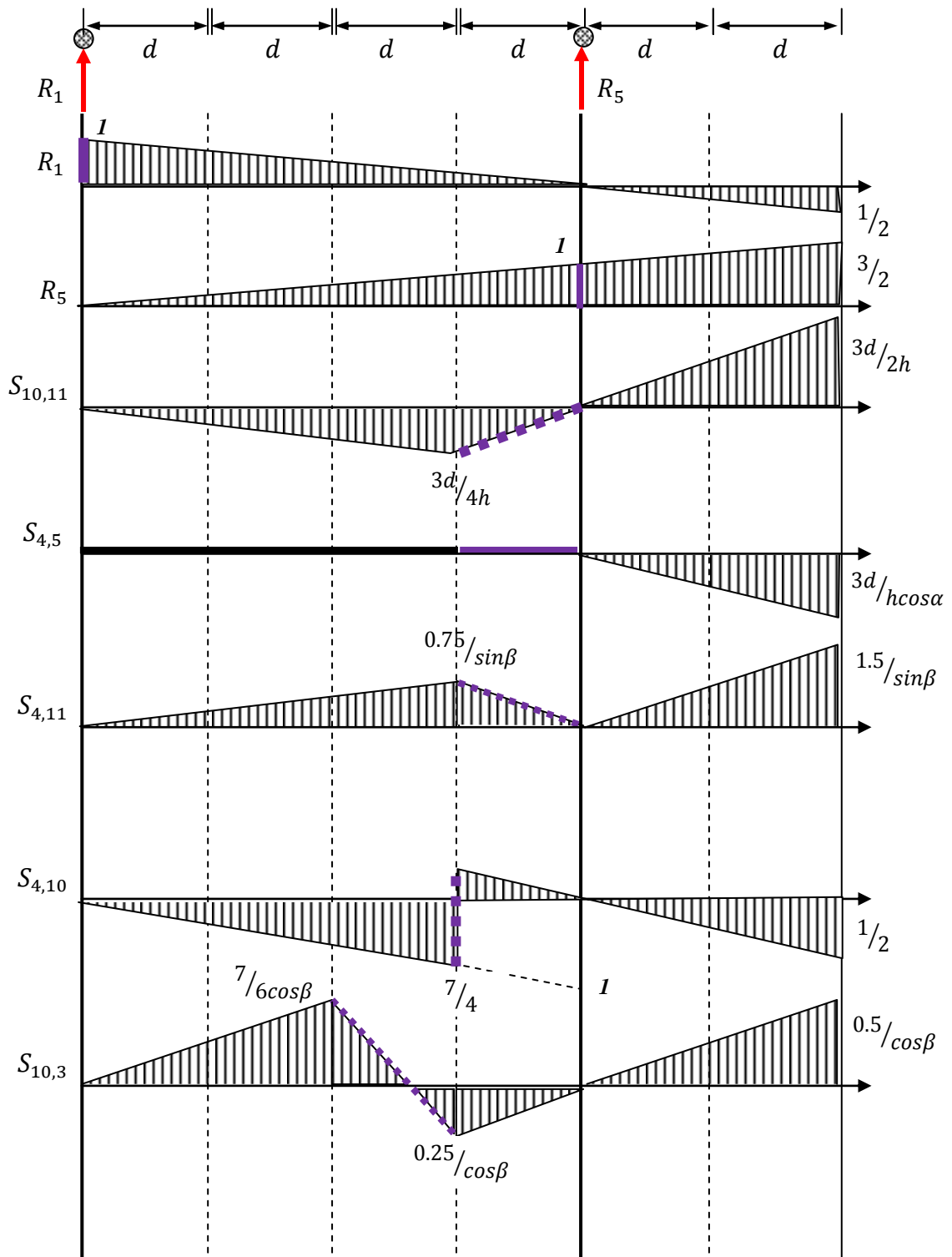


Рис. 4.6 Линии влияния реакций опор и стержней фермы  
 ■■■■■■■■ - линия передачи нагрузки

4. Определим усилия в стержнях, пользуясь линиями влияния.

$$S_{10,11} = \sum y_i F_i = - \left( F \cdot 0 + \frac{1}{4} \cdot 2F + \frac{1}{2} \cdot 2F + \frac{3}{4} \cdot 2F \right) + \left( \frac{3}{4} \cdot 2F + \frac{3}{2} \cdot F \right) \equiv 0$$

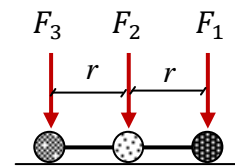
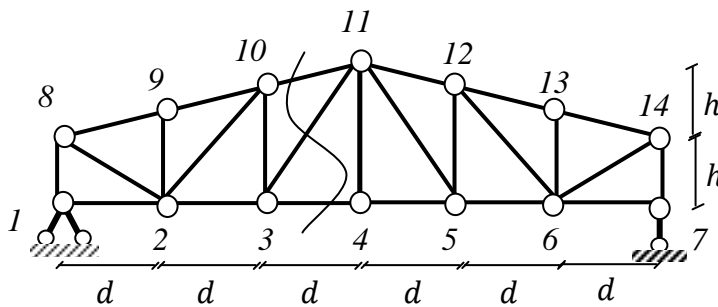
$$S_{4,5} = \sum y_i F_i = \left( -\frac{3}{2} \cdot 2F - 3 \cdot F \right) \frac{d}{h \cos \alpha} = -\frac{6Fd}{h \cdot \cos \alpha}$$

$$S_{4,11} = \sum y_i F_i = \frac{1}{\cos \beta} \left( \frac{1}{4} \cdot 2F + \frac{1}{2} \cdot 2F + \frac{3}{4} \cdot 2F + \frac{3}{4} \cdot 2F + \frac{3}{2} \cdot F \right) = \frac{6F}{\cos \beta}$$

Значения усилий совпадают с ранее определенными значениями усилий этих же стержней по методу Риттера.

Пример 2. Для статически определимой фермы (рис. 4.7) требуется определить:

- линии влияния усилий отмеченных стержней при движении подвижной нагрузки по нижнему поясу фермы (ездовая линия);
- вычислить максимальное усилие в этих стержнях для спаренной подвижной нагрузки (рис. 4.8), если расстояние между центрами грузов равно  $r = 2$  м.



Дано:  $d = 6$  Рис. 4.7,  $F_1 = 20$  кН,  $F_2 =$  Рис. 4.8  $= 16$  кН.

Решение.

1. Определим линии влияния усилий в стержнях указанного сечения, пользуясь методом Риттера в сочетании с теоремой Вариньона при необходимости. Линии влияния реакций опор имеют такой же вид, что и для сопутствующей балки:

$$R_1 = 1 - \frac{z}{l} = 1 - \frac{z}{6d}, \quad R_7 = \frac{z}{l} = \frac{z}{6d}$$

Угол наклона верхнего пояса к горизонтали равен  $\operatorname{tg} \alpha = h/3d$ , а угол наклона раскоса 3-11 равен  $\operatorname{tg} \beta = 2h/d$ .

Высота стоек определяется по углу  $\alpha$ :

$$h_{2-9} = h_{6-13} = 4d \cdot \operatorname{tg} \alpha = 4h/3, \quad h_{3-10} = h_{5-12} = 5d \cdot \operatorname{tg} \alpha = 5h/3$$

Пользуясь уравнениями моментов относительно моментных точек определим зависимость усилий в стержнях разрезанной панели от реакции опоры  $R_1$  и подвижной силы  $P = 1$  (рис. 4.9). Заметим, что при  $P = 1$  получим левую ветвь л.вл., а при  $P = 0$  получим правую ветвь л.вл.

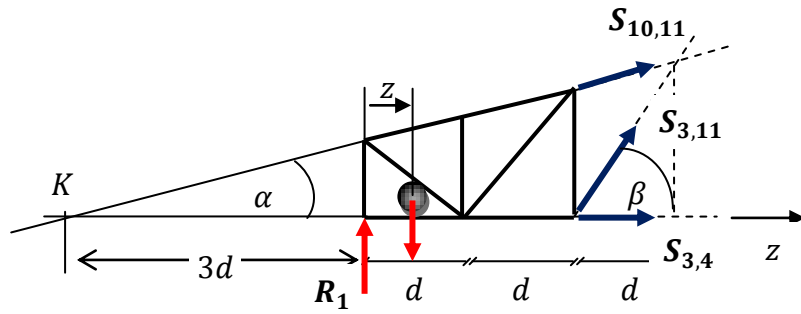


Рис. 4.9

$$\sum M_{3,i} = -2d \cdot R_1 + (2d - z) \cdot P - h_{3-10} \cdot (S_{10,11} \cdot \cos\alpha) = 0,$$

$$S_{10,11} = -\frac{6d}{5\cos\alpha} \left[ R_1 - \left(1 - \frac{z}{2d}\right) P \right] = -\frac{2}{5} \sqrt{1 + \left(\frac{3d}{h}\right)^2} \left[ R_1 - \left(1 - \frac{z}{2d}\right) P \right],$$

$$S_{10,11} = \begin{cases} -k_{10-11} \frac{z}{3d}, & 0 \leq z \leq 2d \\ -k_{10-11} R_1, & 3d \leq z \leq 6d \end{cases}, \quad k_{10-11} = \frac{2}{5} \sqrt{1 + \left(\frac{3d}{h}\right)^2},$$

$$S_{10,11}(2d) = -\frac{2}{3} k_{10-11} \approx -1.2293$$

$$S_{10,11}(3d) = -\frac{1}{2} k_{10-11} \approx -0.9220.$$

$$\sum M_{11,i} = -2h \cdot S_{3,4} + (3d - z) \cdot P - 3d \cdot R_1 = 0$$

$$S_{3,4} = -\frac{3d}{2h} \left[ R_1 - \left(1 - \frac{z}{3d}\right) P \right],$$

$$S_{3,4} = \begin{cases} -\frac{z}{3h}, & 0 \leq z \leq 2d \\ -\frac{3d}{2h} R_1, & 3d \leq z \leq 6d \end{cases},$$

$$S_{3,4}(2d) = -0.75, \quad S_{3,4}(3d) = -1.125.$$

$$\sum M_{K,i} = 3d \cdot R_1 - (3d + z) \cdot P + 6d \cdot (S_{3,11} \cdot \sin\beta) = 0,$$

$$S_{3,11} = -\frac{1}{2\sin\beta} \left[ R_1 - \left(1 + \frac{z}{3d}\right) P \right] = -k_{3-11} \left[ R_1 - \left(1 + \frac{z}{3d}\right) P \right],$$

$$k_{3-11} = \frac{1}{2\sin\beta} = 0.5 \sqrt{1 + (\operatorname{tg}\beta)^{-2}} = 0.625,$$

$$S_{3,11} = \begin{cases} -k_{3-11} \frac{z}{2d}, & 0 \leq z \leq 2d \\ -k_{3-11} R_1, & 3d \leq z \leq 6d \end{cases},$$

$$S_{3,11}(2d) = -0.625, \quad S_{3,11}(3d) = -\frac{1}{2} 0.625 = -0.3125.$$

По полученным результатам построим линии влияния усилий в стержнях 3-4, 3-11 и 10-11 (рис. 4.10).

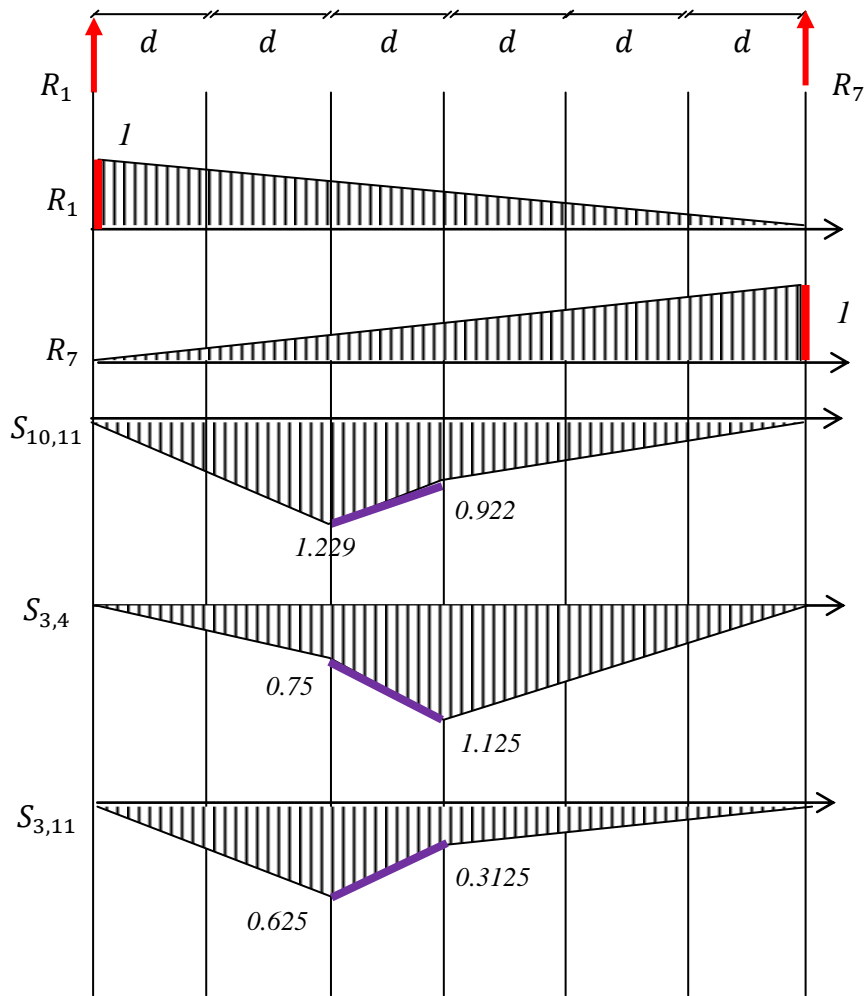


Рис. 4.10 Линии влияния стержней;  
— - линия передачи нагрузки

#### Определение максимального усилия в стержнях.

Известно, что усилие в стержне принимает максимальное значение, если груз находится над вершиной линии влияния. Сравнивая л.вл. стержней (рис. 4.10), легко заметить, наибольшее значение усилия может иметь стержень 10-11 при  $z = 2d = 12$  м.

Для данного стержня вычислим усилие при трех различных положениях спаренных грузов над вершиной линии влияния (рис. 4.11):

- а) груз 1 находится над локальной вершиной л.вл.;
- б) груз 2 находится над локальной вершиной л.вл.;
- в) груз 3 находится над локальной вершиной л.вл.

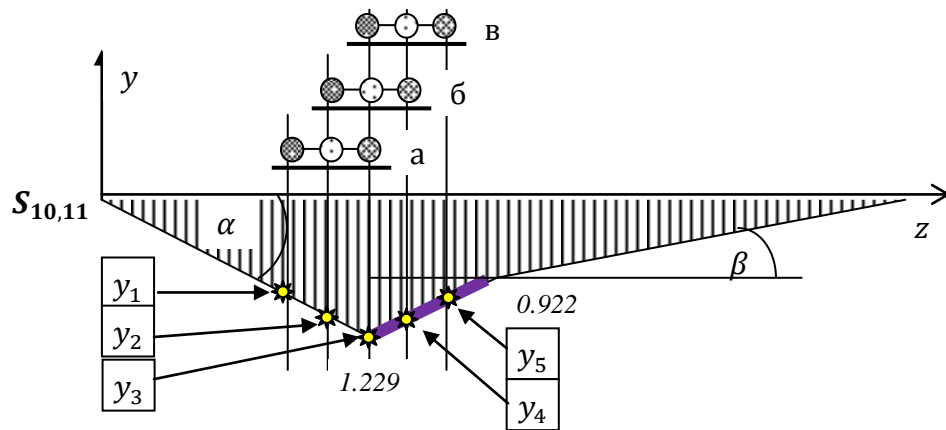


Рис.4.11  
Максимальное усилие в стержне 10-11

Определим ординаты линии влияния под грузами в различных их положениях:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{1.229}{2d} \approx 0.1021, \operatorname{tg} \beta = \frac{1.229 - 0.922}{d} \approx 0.0512$$

$$y_1 = 1.229 - 2r \cdot \operatorname{tg} \alpha \approx 0.8193,$$

$$y_2 = 1.229 - r \cdot \operatorname{tg} \alpha \approx 1.0242$$

$$y_3 = 1.229$$

$$y_4 = 1.229 - r \cdot \operatorname{tg} \beta \approx 1.1267$$

$$y_5 = 1.229 - 2r \cdot \operatorname{tg} \beta \approx 1.0243$$

Вычислим усилие в стержне 10-11 для трех различных положений грузов над вершиной линии влияния (рис. 4.11).

$$a) S_{10,11}^{(a)} = y_1 F_3 + y_2 F_2 + y_3 F_1 \approx 47,93 \text{ kH};$$

$$б) S_{10,11}^{(б)} = y_2 F_3 + y_3 F_2 + y_4 F_1 \approx 51,21 \text{ kH};$$

$$в) S_{10,11}^{(в)} = y_3 F_3 + y_4 F_2 + y_5 F_1 \approx \mathbf{52,42 \text{ kH}}.$$

Сравнивая результаты, получим, что усилие  $S_{10,11}$  будет иметь наибольшее значение, когда груз 3 движется над узлом 2.

**Задание 7.** Расчет статически неопределимой рамы.

**Задача №1.** Стойки рамы имеют момент инерции  $I_x$ , а ригели имеют момент инерции  $k \cdot I_x$ . Рама нагружена, как показано на рис. 7.1.

Для рамы требуется:

- 1) установить степень статической неопределимости и выбрать основную систему (ОС);
- 2) составить каноническое уравнение и определить величину неизвестной силы, - лишней связи;
- 3) выполнить деформационную проверку расчета рамы;
- 4) построить окончательные эпюры внутренних силовых факторов.

**Указание:** Для выполнения деформационной проверки необходимо выбрать новую основную систему, приложить в направлении отброшенной связи единичную силу, построить эпюру моментов  $M_F$ . Перемножив эпюру  $M_F$  от найденной силы  $X$  на эпюру моментов от единичной нагрузки, необходимо определить перемещение опорной точки. Если расчеты выполнены правильно, то это перемещение опорной точки должно быть равно нулю.

Индивидуальные исходные данные определяются преподавателем:

$$1 \leq k \leq 2, \quad 8 \leq q \leq 20 \text{ кН/м}, \quad 4 \leq F \leq 20 \text{ кНм}$$

$$2 \leq a, b \leq 4 \text{ м}, \quad 2 \leq h_1, h_2, h_3 \leq 4 \text{ м}.$$

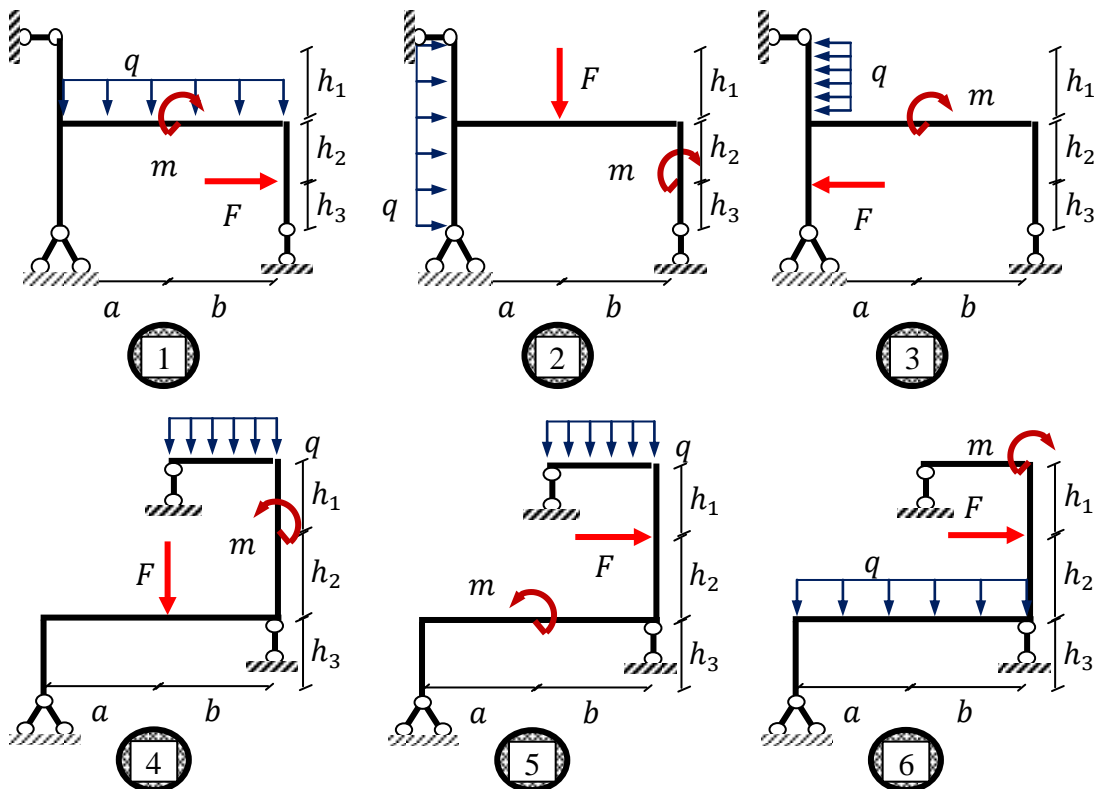


Рис. 7.1

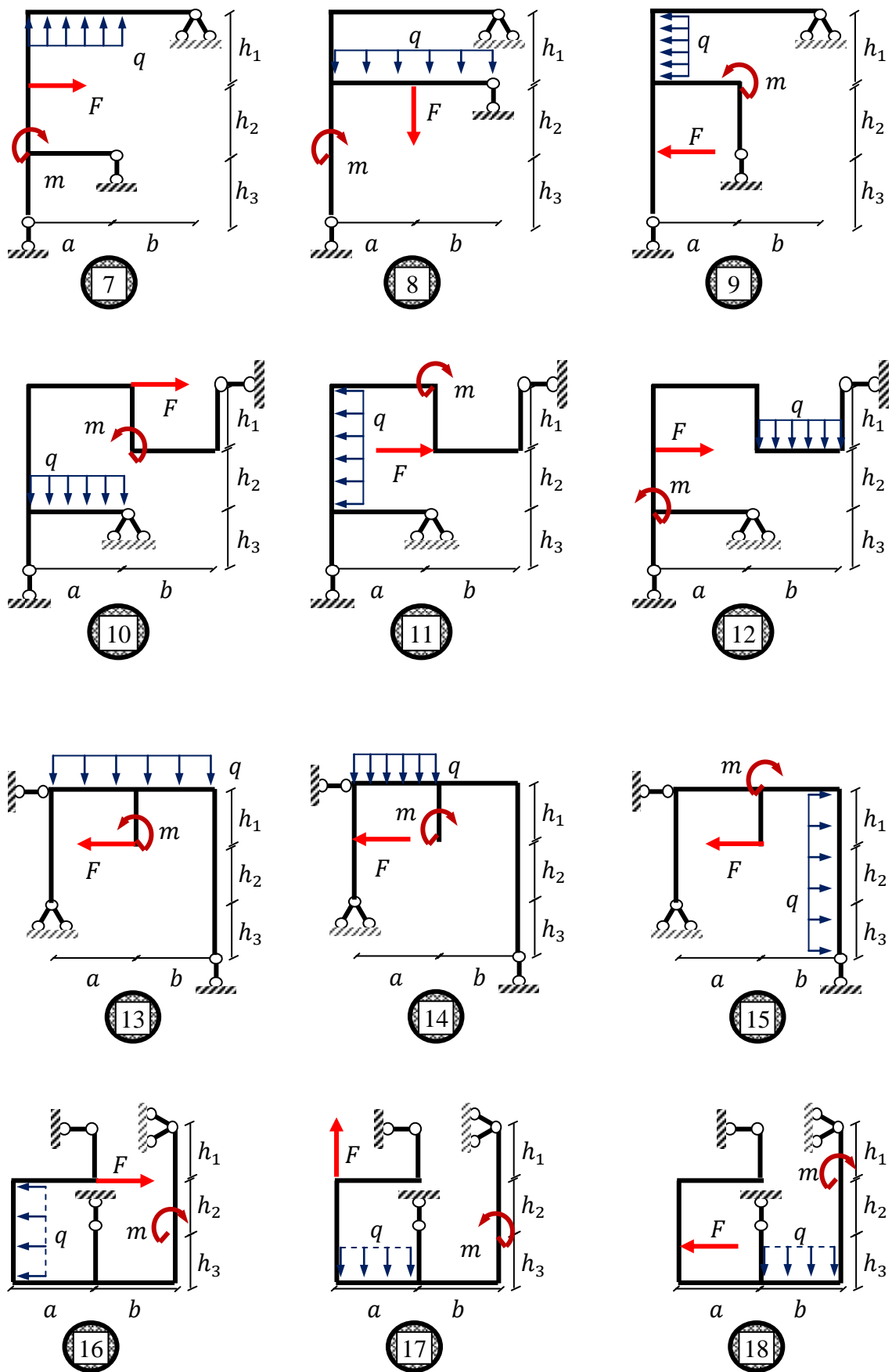


Рис. 7.1

**Задача №2.** Выполнить расчет статически неопределимой рамы со всеми промежуточными проверками (рис.7.2). Построить эпюры изгибающих моментов, поперечной и продольной сил.

Указание:

- Все стержни имеют одинаковую жесткость.
- Если не указаны координаты точки приложения сосредоточенной силы, то необходимо считать, что она приложена к середине соответствующего стержня рамы.

Индивидуальные исходные данные определяются преподавателем:

$$2 \leq q_1, q_2, q_3 \leq 12 \text{ кН/м}, \quad 0 \leq F_1, F_2, F_3 \leq 20 \text{ кНм}$$

$$2 \leq a, b, c \leq 4 \text{ м}, \quad 2 \leq h_1, h_2, h_3 \leq 4 \text{ м}.$$

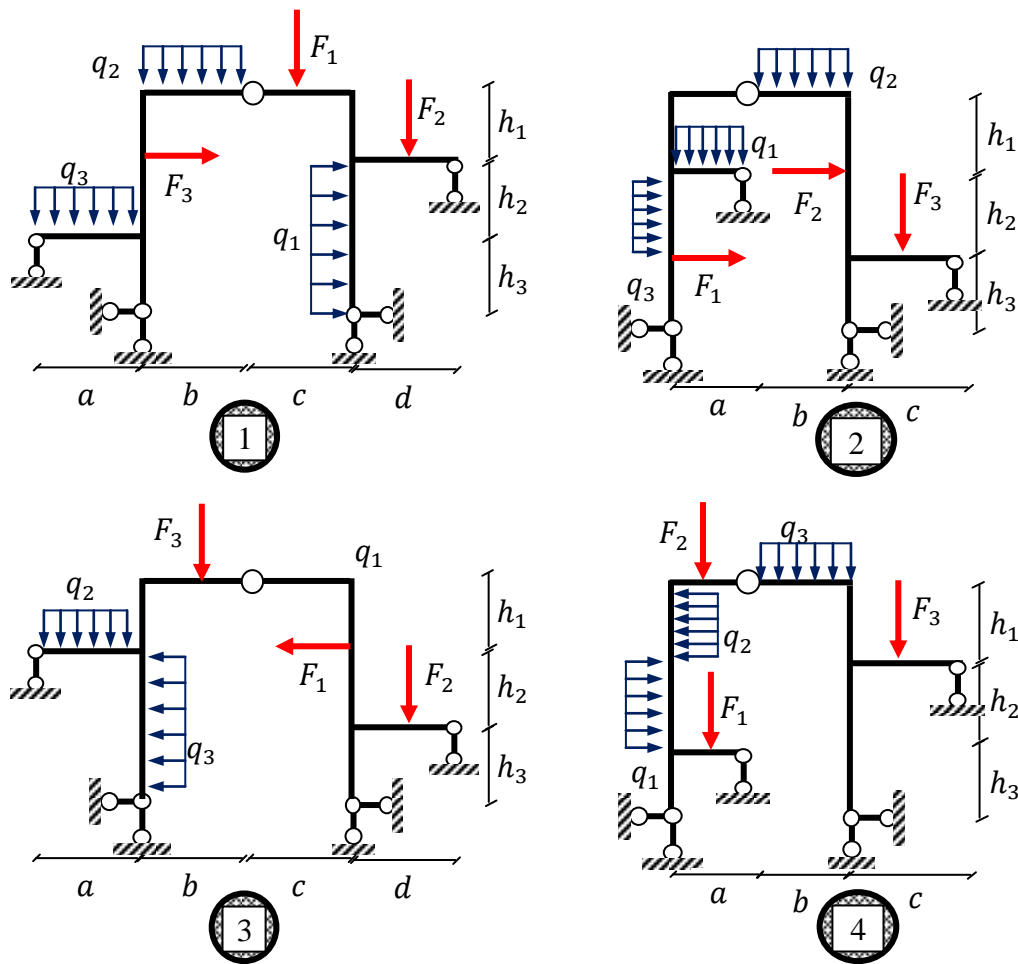


Рис. 7.2



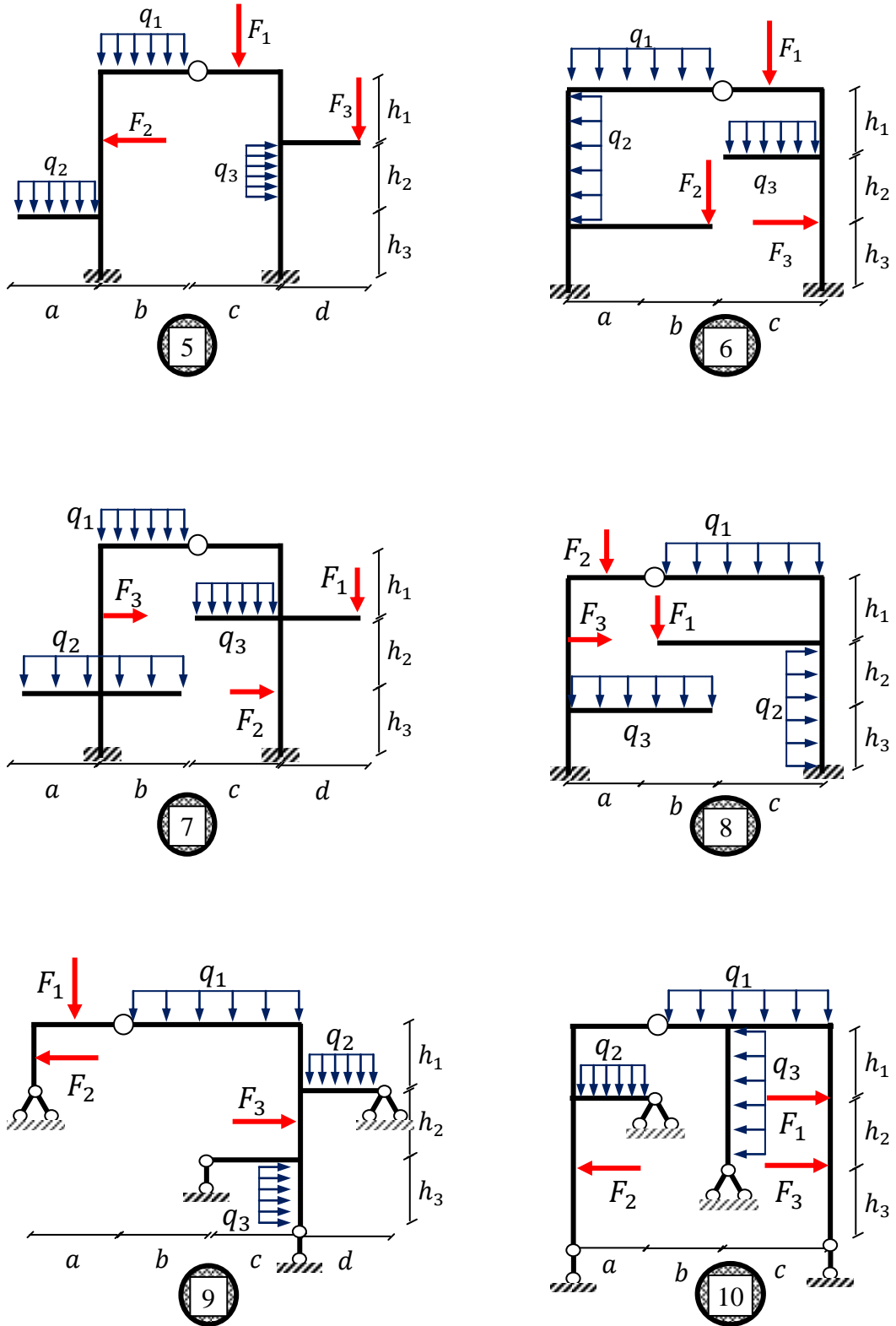


Рис. 7.2

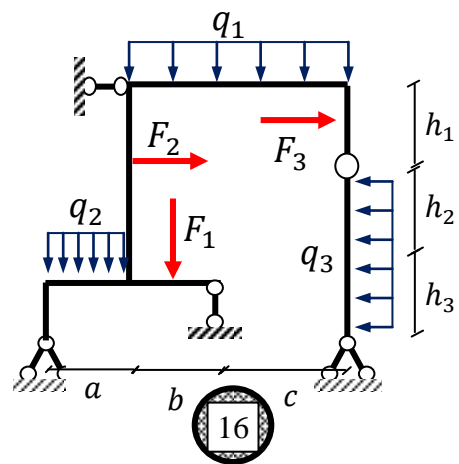
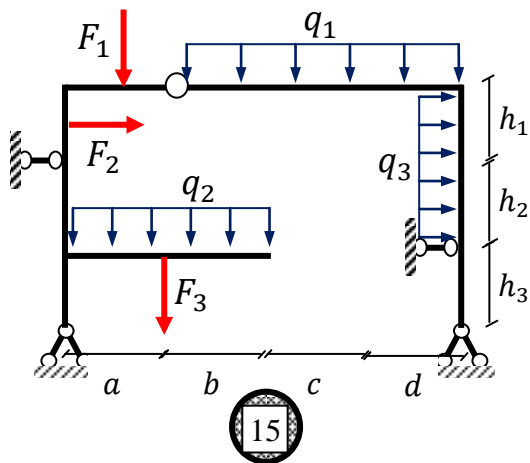
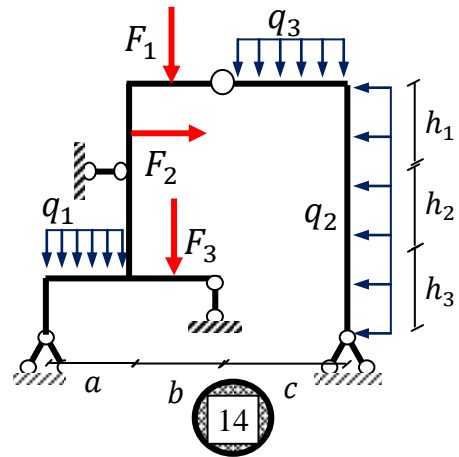
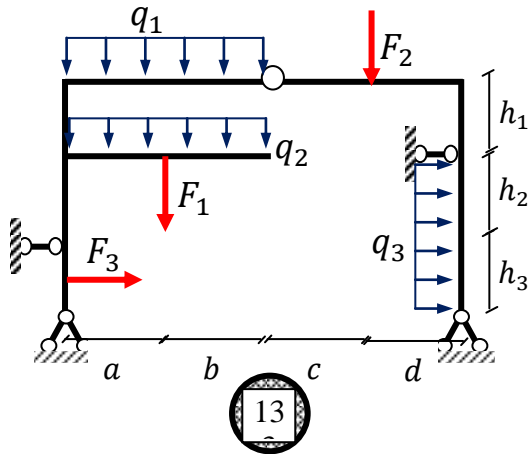
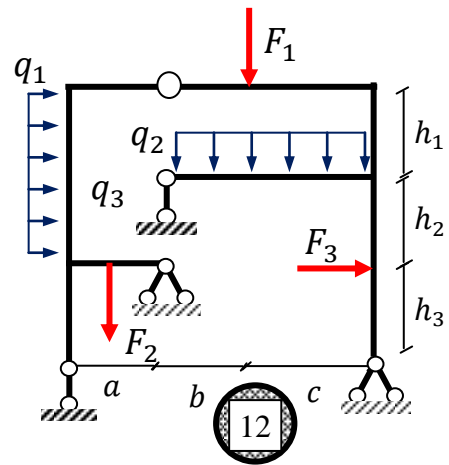
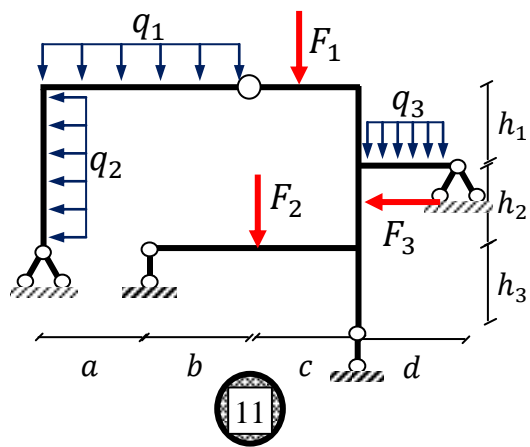


Рис. 7.2

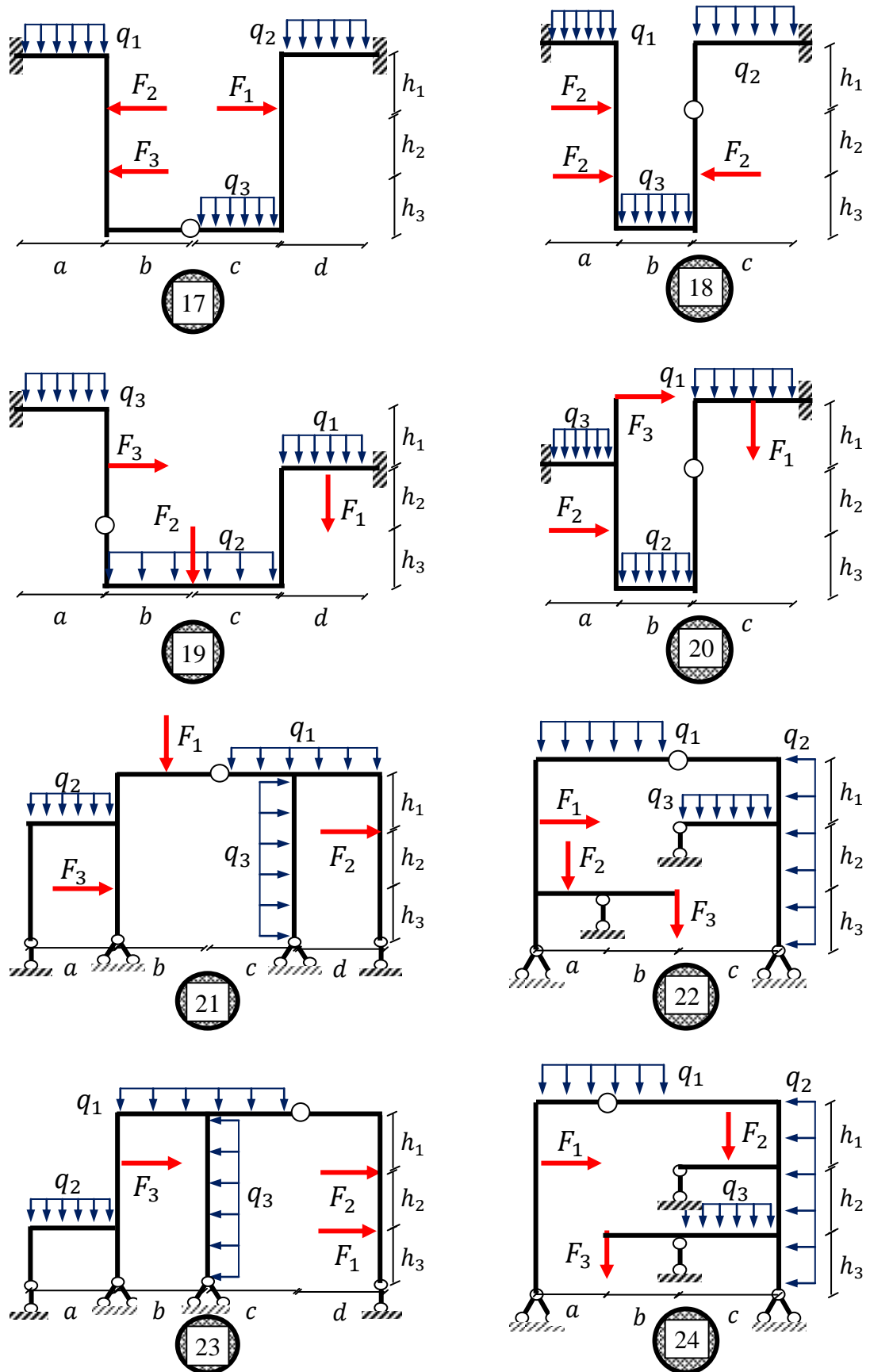


Рис. 7.2

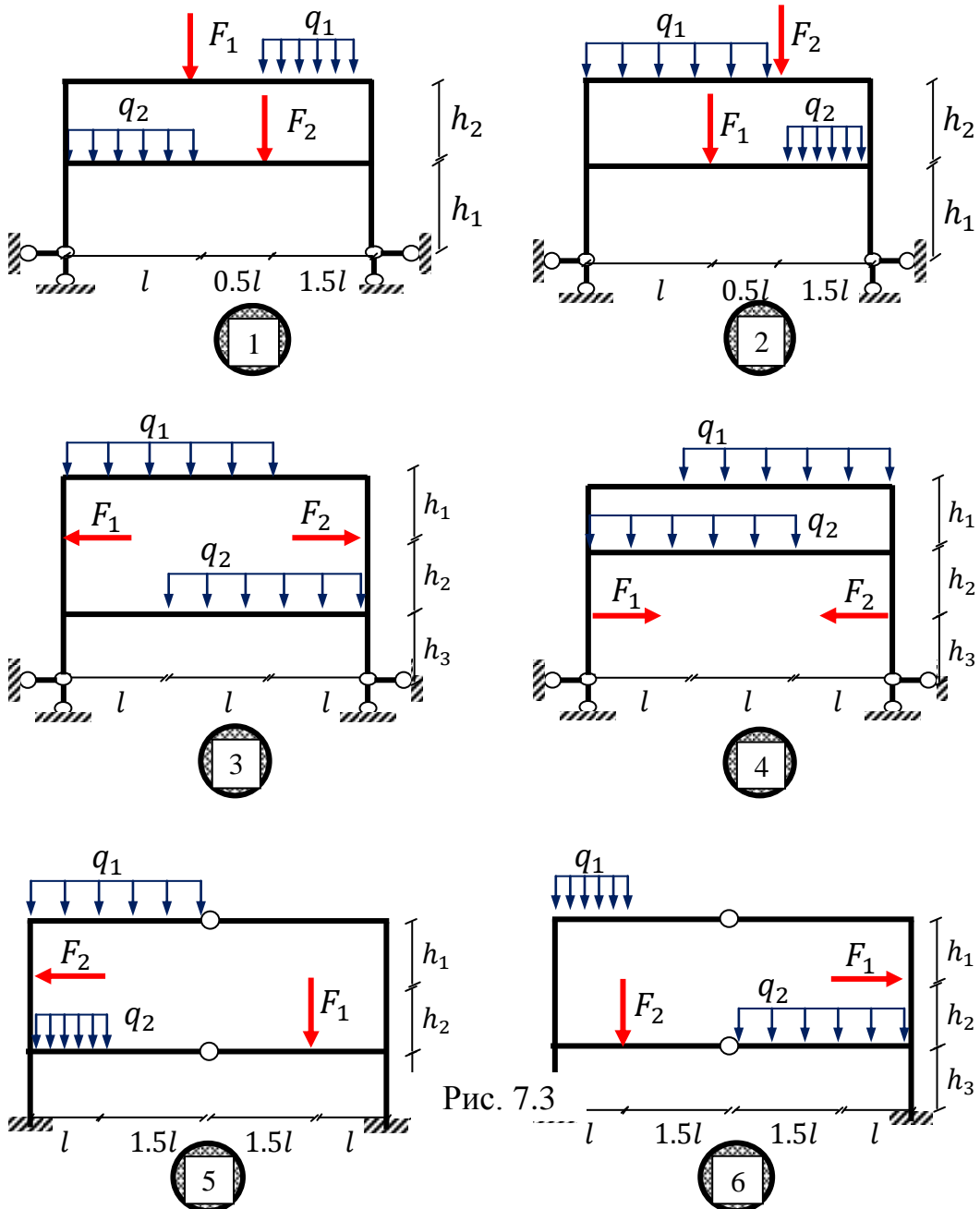
**Задача № 3.** Выполнить расчет статически неопределимой симметричной рамы со всеми промежуточными проверками (рис.7.3). Построить эпюры изгибающих моментов, поперечной и продольной сил.

Ригели имеют жесткость  $I_x$ , а стойки имеют жесткость  $k \cdot I_x$ .

Индивидуальные исходные данные определяются преподавателем:

$$2 \leq q_1, q_2 \leq 12 \text{ кН/м}, \quad 0 \leq F_1, F_2 \leq 20 \text{ кНм}$$

$$2 \leq l \leq 4 \text{ м}, \quad 2 \leq h_1, h_2, h_3 \leq 4 \text{ м}, \quad 1 \leq k \leq 2.$$



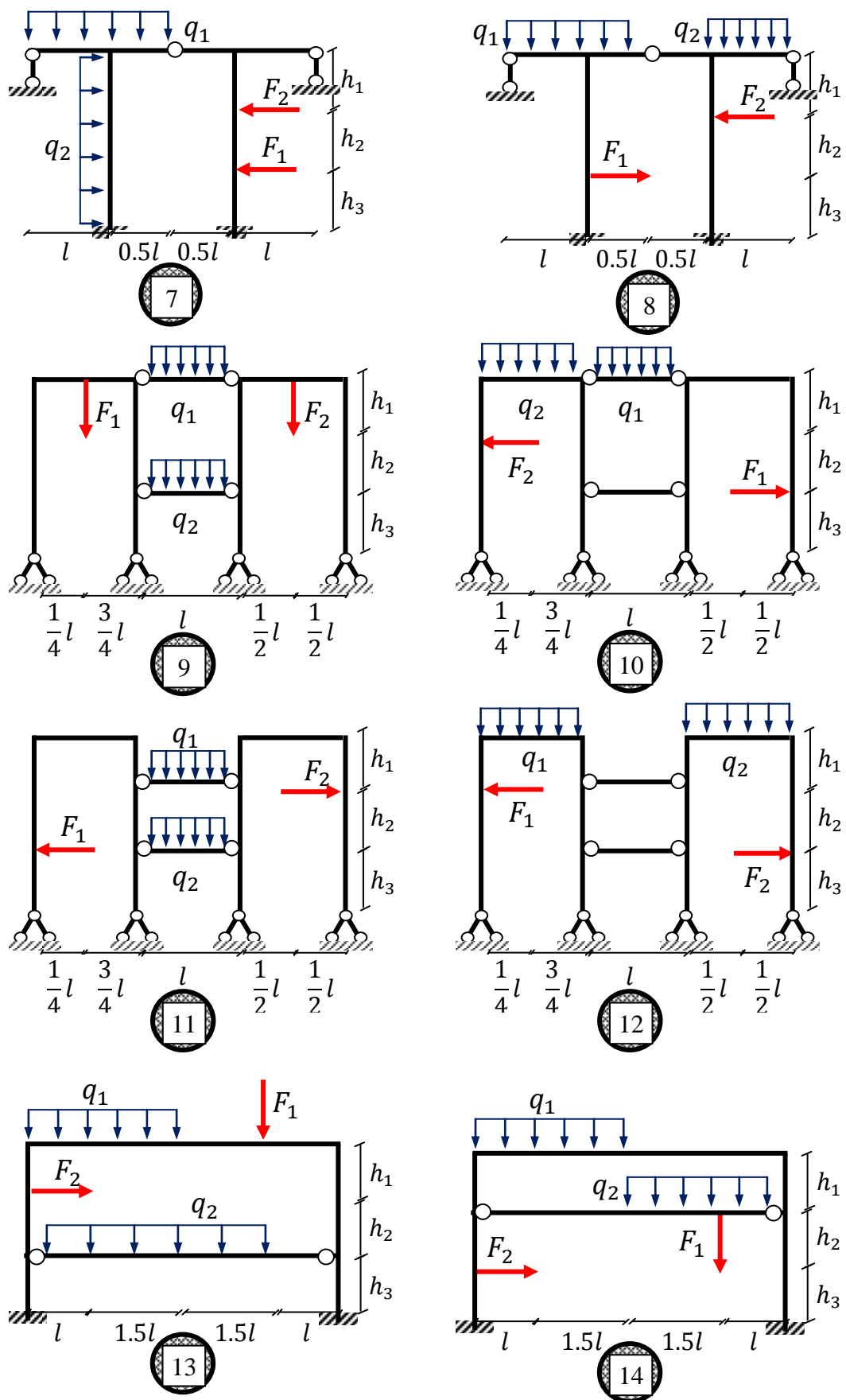


Рис. 7.3

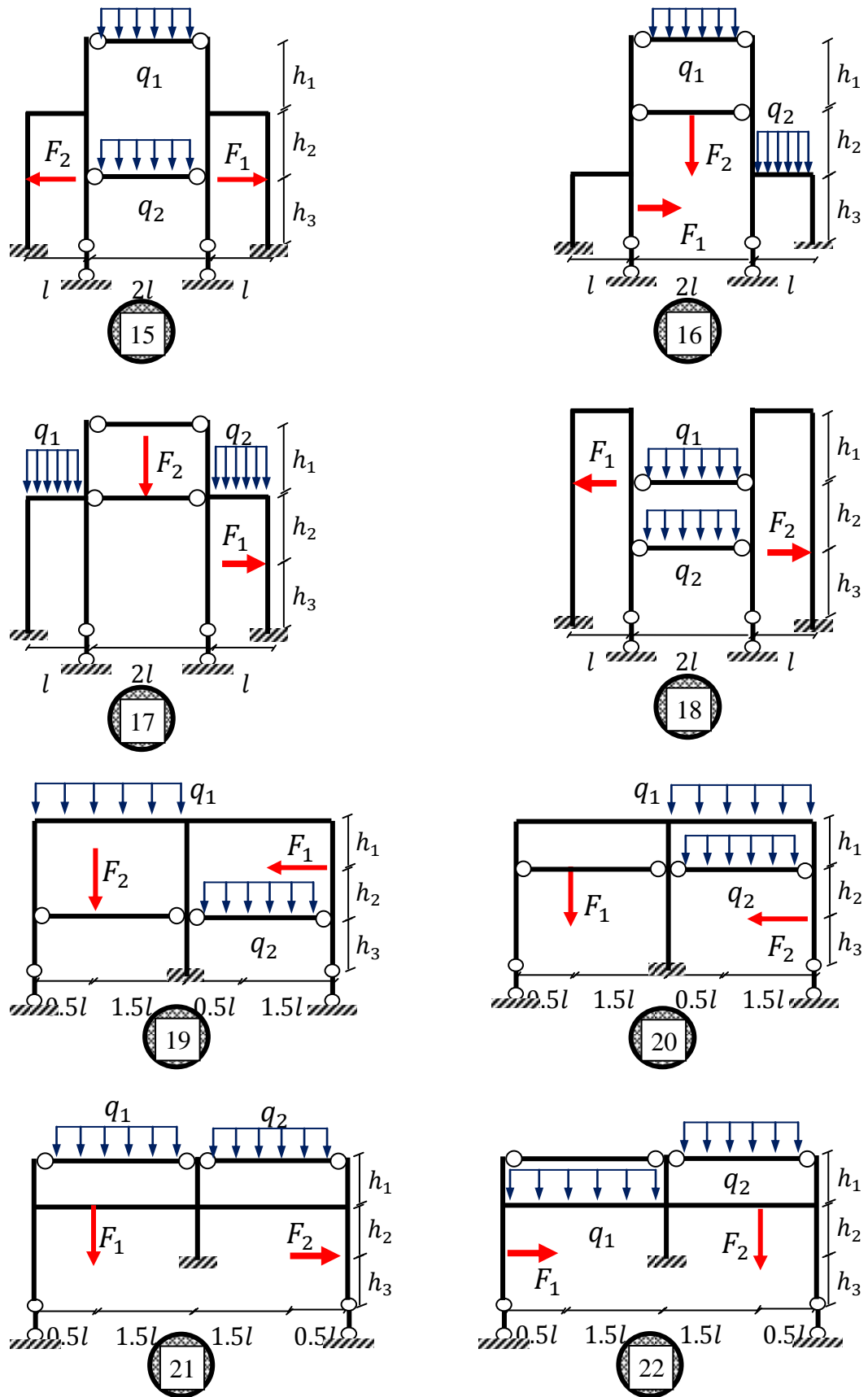


Рис. 7.3

**Задача № 4.** Выполнить расчет статически неопределимой симметричной рамы со всеми промежуточными проверками (рис.7.4). Построить эпюры изгибающих моментов, поперечной и продольной сил.

Ригель имеют жесткость  $I_x$ , а стойки имеют жесткость  $k \cdot I_x$ .

Индивидуальные исходные данные определяются преподавателем:

$$2 \leq q \leq 12 \text{ кН/м}, \quad 0 \leq F_1, F_2 \leq 20 \text{ кНм}$$

$$2 \leq a, b, c \leq 4 \text{ м}, \quad 2 \leq h_1, h_2, h_3 \leq 4 \text{ м}, \quad 1 \leq k \leq 2.$$

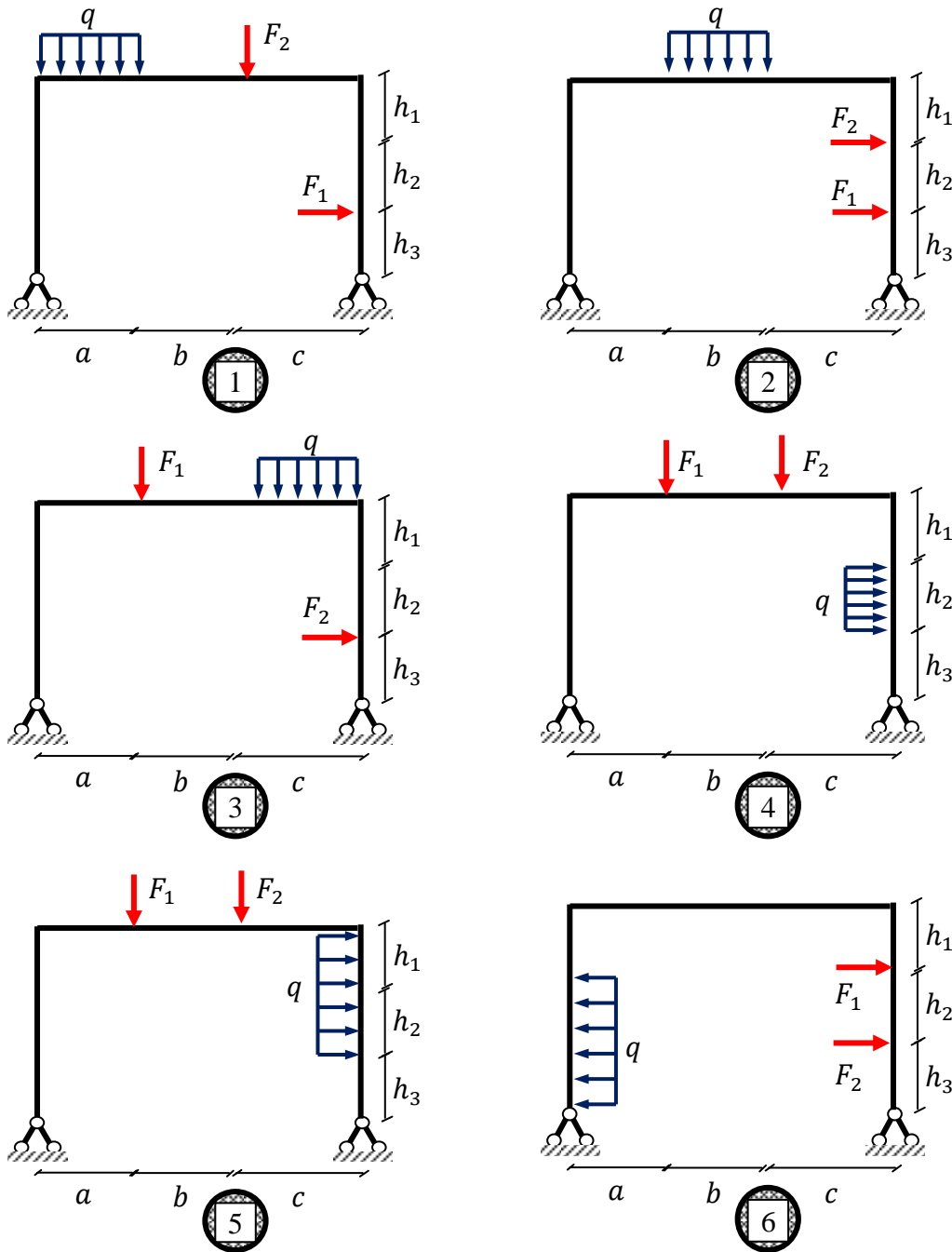


Рис. 7.4

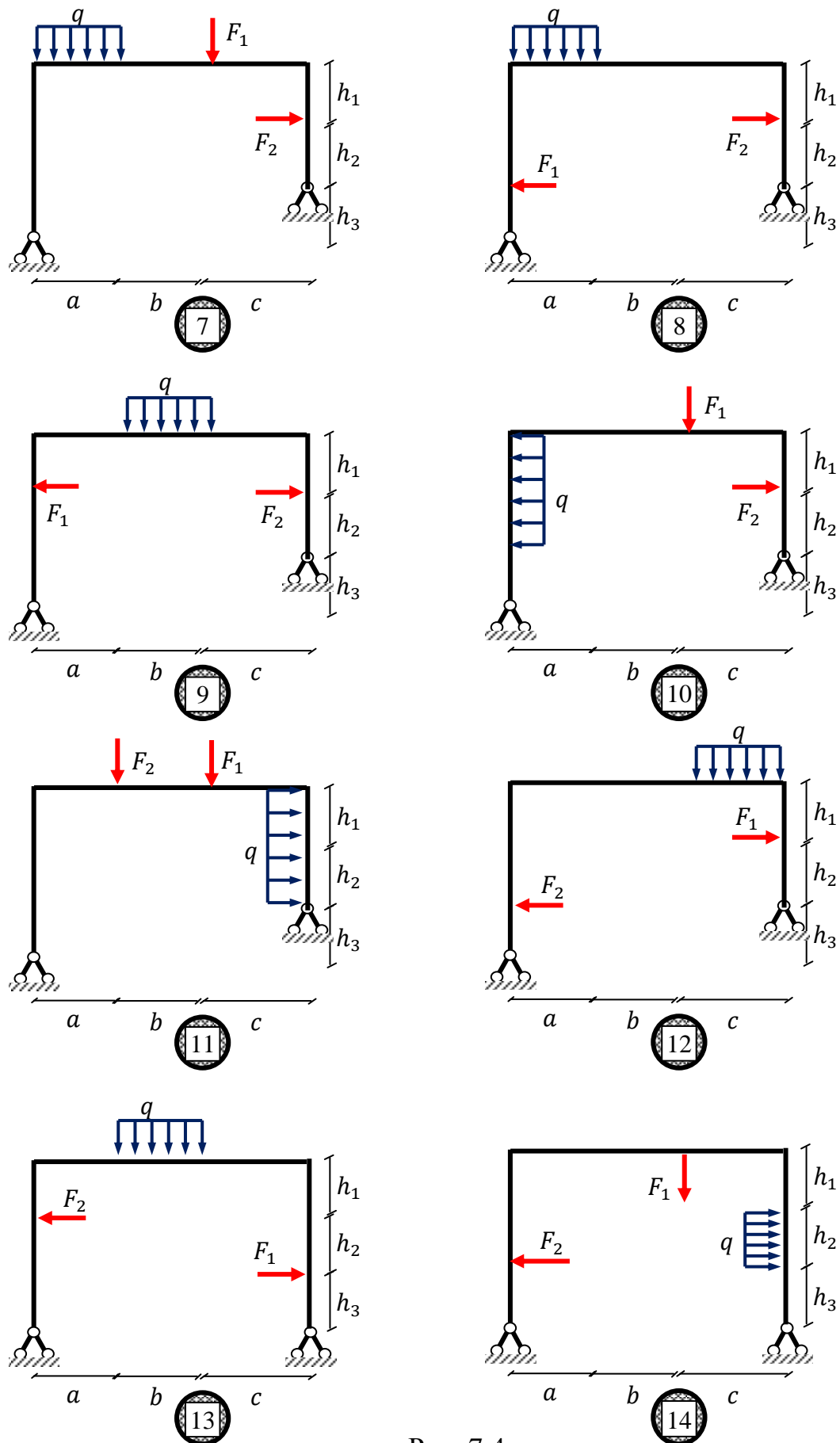


Рис. 7.4



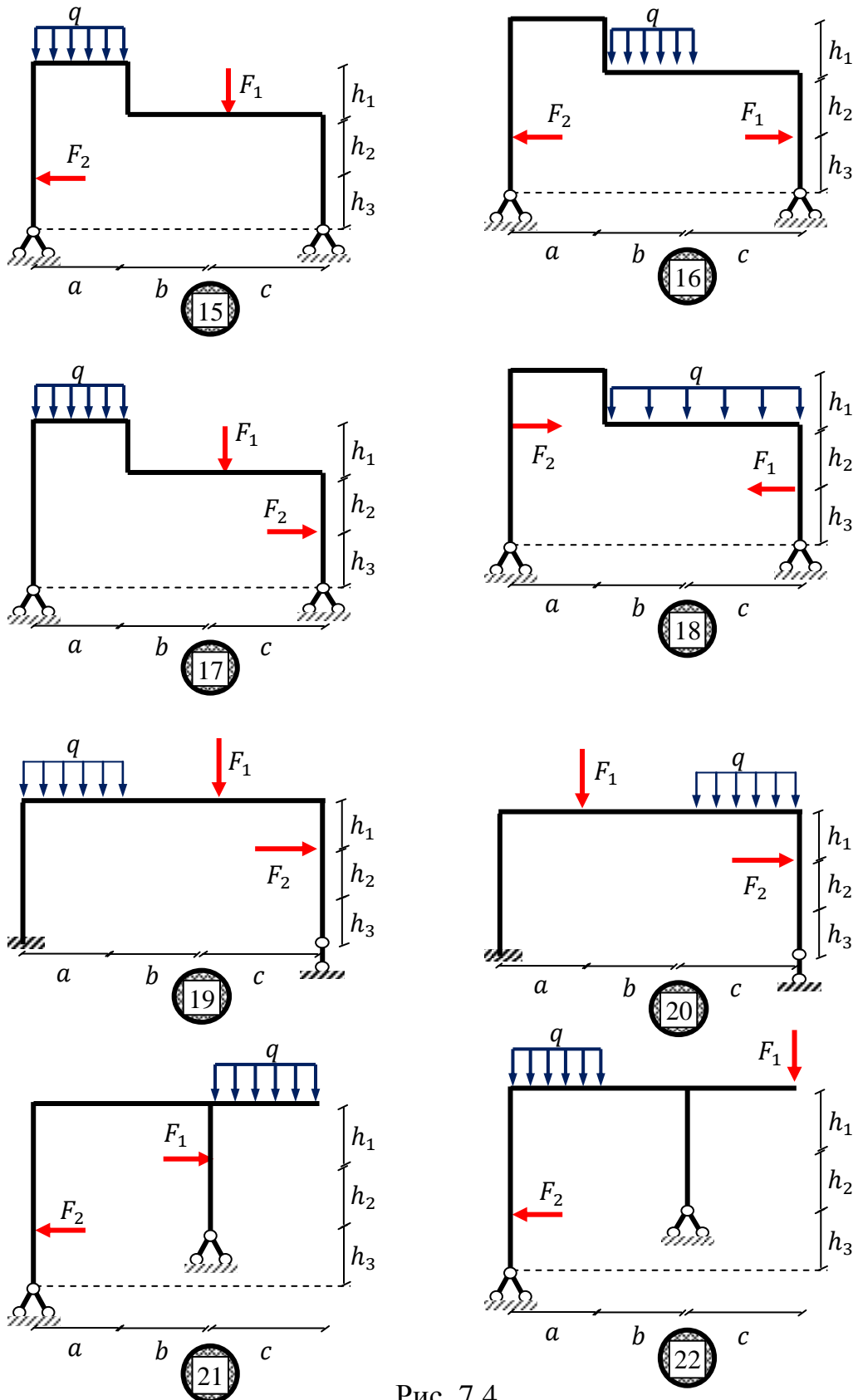


Рис. 7.4

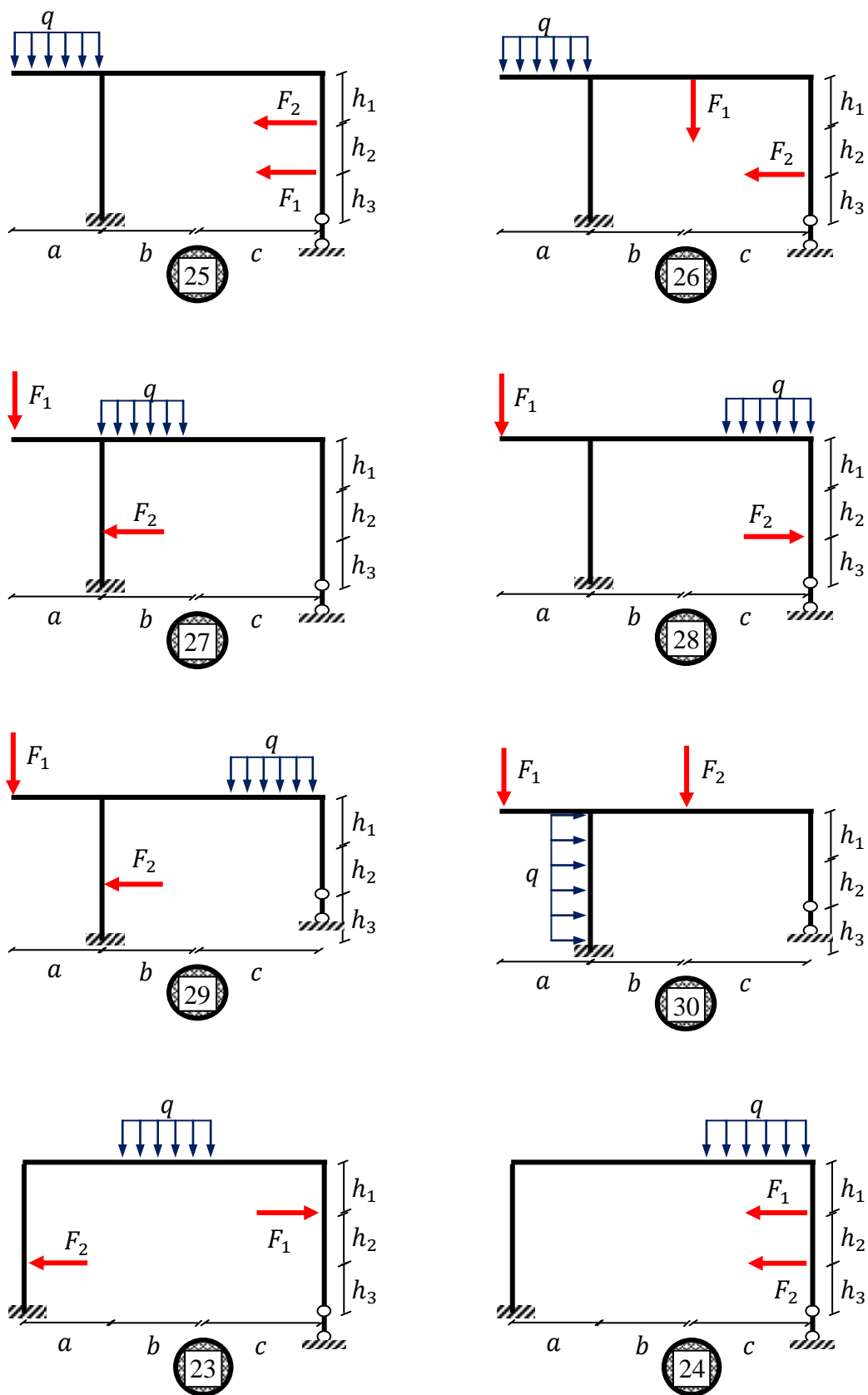


Рис. 7.4

## **ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ РАБОТ / ПРОЕКТОВ**

**Курсовые работы / проекты по дисциплине учебным планом не предусмотрены.**

## **ТЕМАТИКА ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

**Лабораторные работы не предусмотрены**

## **ТЕМАТИКА РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКИХ РАБОТ**

**Расчетно – графические работы не предусмотрены**

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА**

**СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОЛЛЕДЖ**

**Кафедра «Сейсмостойкое строительство»**

**Задание № \_\_\_\_\_**

**по дисциплине «Статика и динамика сооружений»**

**Шифр(вариант) № \_\_\_\_\_**

**ВЫПОЛНИЛ \_\_\_\_\_**  
**ФИО СТУДЕНТА, № КУРСА, № ГРУППЫ**

**ПРОВЕРИЛ \_\_\_\_\_**  
**ФИО ПРЕПОДАВАТЕЛЯ, СТЕПЕНЬ, ДОЛЖНОСТЬ**

**Махачкала 20 \_\_\_\_**

## **Методические указания к выполнению индивидуальных заданий и контрольных работ по дисциплине МДК « Математические методы решения инженерных задач. Статика и динамика сооружений»**

Каждый студент курса выполняет:

- в течение 3 семестра 6 домашних заданий и 2 контрольные работы;
- в течение 4 семестра: 6 домашних заданий и 2 контрольных работ, соответствующие его индивидуальному шифру, выданному преподавателем в начале семестра.

Приступая к выполнению задания или КР, студент должен изучить соответствующий теоретический материал, ознакомиться с методическими рекомендациями к их выполнению и примером выполнения задания из сборников заданий и практикумов.

Расчетная часть задания выполняется на листах писчей бумаги стандартного размера. С левой и правой стороны листа следует оставлять поле шириной 25 мм.

В начале каждой задачи должны быть приведены её номер, текст условия, расчётная схема и таблица исходных данных. Далее следует расположить текст решения и ответы на поставленные вопросы.

Ход решения должен сопровождаться соответствующими объяснениями (наименованиями пунктов расчета, ссылками на теоремы, формулы и т.д.) и дополнительными чертежами-схемами, которые выполняются карандашом аккуратно и точно.

Сокращение слов, кроме общепринятых, не допускается.

Все построения, типы линий, надписи, размеры и т.д. должны выполняться согласно “Единой системы конструкторской документации”.

Рекомендуется, насколько возможно, вести решение сначала в общем виде, а затем в полученные формулы подставлять численные значения.

В случае использования ЭВМ к работе прилагаются соответствующие программы и распечатки результатов.

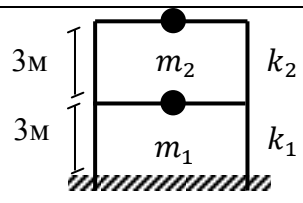
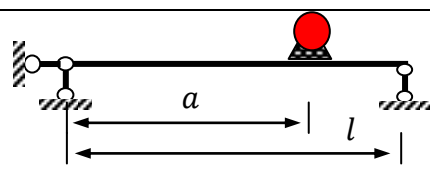
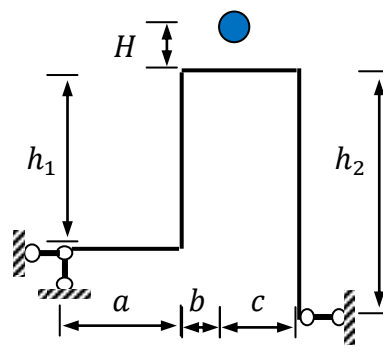
В конце расчетной записки студент указывает использованную литературу, ставит подпись и дату выполнения.

Выполненная и сброшюрованная с бланком задания работа сдается преподавателю в строго установленный срок на проверку. Если при проверке работы обнаруживаются ошибки, студенту дается возможность их исправить. При повторном представлении работы необходимо прилагать первоначальные записи и чертежи с замечаниями, что ускорит её повторную проверку.

Контрольные работы выполняются письменно и сдаются на проверку на практических занятиях в установленные рабочей программой дисциплины недели семестра.

### 3.7 Образцы вариантов контрольных работ

<b>ГАОУ ВО И СПО «ДГУНХ»</b> Кафедра «Сейсмостойкое строительство» Дисциплина МДК « Математические методы решения инженерных задач. Статика и динамика сооружений» Контрольная работа № ....	
<b>Вариант №.....</b>	
1	1. Когда возникает явление биения?
2	1. На балку, выполненную из прокатного профиля (двутавр № .....), и свободно лежащую на двух опорах, с высоты $h =$ м падает груз весом $G =$ кг. Определите наибольшее динамическое напряжение в балке.  Дано: схема ....., $E = 210$ ГПа, $a =$ , $b =$ (м)
3	2. Ротор электродвигателя массы $m =$ , установленного на консоли, имеет частоту вращения $n =$ об/мин. Вследствие неуравновешенности ротора возникает вертикальная переменная сила $F(t) = F_1 \sin(\theta t)$ , $F_1 =$ кН, $\theta =$ $c^{-1}$ .  Определите расстояние $l$ от двигателя до защемления, при котором наступает резонанс. На каком расстоянии $l_1$ от защемления необходимо установить двигатель, чтобы отстройка от резонанса была бы не менее 30%?
4	Тело массы $m =$ ..... кг , которое подвешено к пружине жесткости $c =$ ..... Н/м, выведено из состояния статического равновесия на величину $x_0 =$ .....см и отпущено без начальной скорости. Определите амплитуду свободных колебаний тела.
Преподаватель ..... Хазамов Г.О. Зав. кафедрой «Сейсмостойкое строительство» К.т.н., доцент ..... Магомедов М.Г	

<b>ГАОУ ВО И СПО «ДГУНХ»</b> Кафедра «Сейсмостойкое строительство» Дисциплина МДК « Математические методы решения инженерных задач. Статика и динамика сооружений»	
Контрольная работа № ....	Вариант №.....
1	<p>Определите положение материальной точки массы <math>m = 4</math> кг около положения равновесия в момент времени <math>t = 0,5</math> с , если она движется под действием силы упругости с коэффициентом жесткости <math>c = 400</math> Н/м и силы вязкого трения с коэффициентом пропорциональности <math>\beta = 16</math>. В начальный момент времени точка имела абсциссу <math>x_0 = 0.2</math> м и начальную скорость <math>v_0 = 4</math> м/с.</p>
2	<p>Определите период колебаний каркасного здания и формы колебаний, если:  <math>m_1 = 120</math> т, <math>m_2 = 120</math> т,  <math>k_1 = 24000</math> кН/м, <math>k_2 = 24000</math> кН/м</p> 
3	<p>На двутавровой балке длины <math>l</math> установлен электродвигатель (станок) весом <math>G</math> на расстоянии <math>a = kl</math> от левой опоры. Двигатель совершает <math>n</math> об/мин. Из-за неуравновешенности частей двигателя возникает центробежная сила <math>P = \gamma G</math>. Требуется подобрать сечение балки из условия отстройки от резонанса на 30% (<math>\omega = 1.3 * p, p = \pi/30</math>) и определить максимальное динамическое напряжение.</p> <p>Дано: <math>l = 1.2</math>м, <math>k = 0.25</math>, <math>\gamma = 0.05</math>,  <math>n = 600</math>об/мин , <math>G = 8</math> кН</p> 
4	<p>В точке <math>C</math> на раму падает груз весом <math>G</math>. Определите максимальное напряжение в раме при ударе и перемещение точки удара.</p> <p>Дано: Рама состоит из двутавра № 18.  <math>H = 0.12</math> м , <math>a = 4</math>м, <math>b = 2</math>м, <math>c = 1.5</math>м,  <math>G = 2500</math>Н , <math>h_1 = 4</math>м, <math>h_2 = 5</math>м.</p> 
Преподаватель ..... Хазамов Г.О. Зав. кафедрой «Сейсмостойкое строительство» К.т.н., доцент .....Магомедов М.Г	

## ГАОУ ВО И СПО «ДГУНХ»

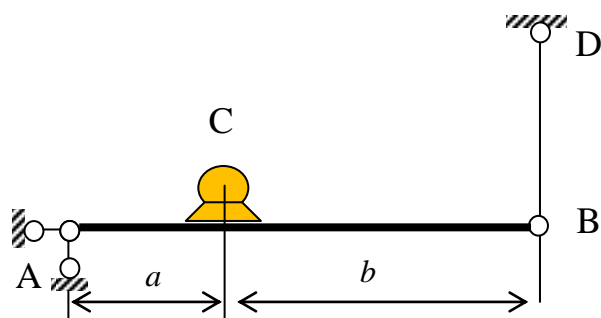
Кафедра «Сейсмостойкое строительство»

Дисциплина МДК « Математические методы решения инженерных задач. Статика и динамика сооружений»

Контрольная работа № ....

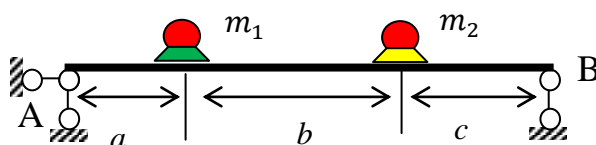
Вариант №.....

### Задача №1.



Рама состоит из балки (двутавр №18), соединенную шарниром с вертикальным стержнем длины  $l_s = 1.5$  м и диаметром  $d = 14$  см. В точке С ( $AC = a = 0.8$  м,  $CB = b = 1.2$  м) балки расположен двигатель весом  $Q = 120$  кН. Неуравновешенная масса двигателя равна  $m_0 = 1200$  кг и имеет эксцентриситет  $e = 2.5$  см. Ротор двигателя вращается с частотой  $n = 600 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$ . Рассчитать балку на динамическую нагрузку, если расчетное сопротивление  $R_y = 280$  МПа. Если балка не удовлетворяется условию прочности, то по сортаменту проката подобрать сечение двутавра, удовлетворяющее условию прочности ( $E = 210$  ГПа).

### Задача №2



Два двигателя одинаковой массы  $m = 600$  кг установлены на **двух балках двутаврового сечения № 22**. При работе левый двигатель создает возмущающую силу  $P(t) = P_1 \cos \theta t$  из-за неуравновешенной массы, а правый двигатель –вибрационную силу  $\tilde{P}(t) = P_2 \cos \theta t$ . Найти амплитуды колебаний двигателей и максимальное напряжение в балке без учета ее массы, если:

$$a = 1.5 \text{ м}, b = 2.5 \text{ м}, c = 1.5 \text{ м}, P_1 = 0.8 \text{ кН}, P_2 = 0.8 \text{ кН}, n = 540 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

В начальный момент времени балка находится в равновесии, а двигатели начинают работать синхронно.

Преподаватель ..... Хазамов Г.О.

Зав. кафедрой  
«Сейсмостойкое строительство»

к.т.н., доцент ..... Магомедов М.Г



ГАОУ ВО И СПО «ДГУНХ»

Кафедра «Сейсмостойкое строительство»

Дисциплина МДК « Математические методы решения инженерных задач. Статика и динамика сооружений»

Контрольная работа № ....

Вариант №.....

Задача:

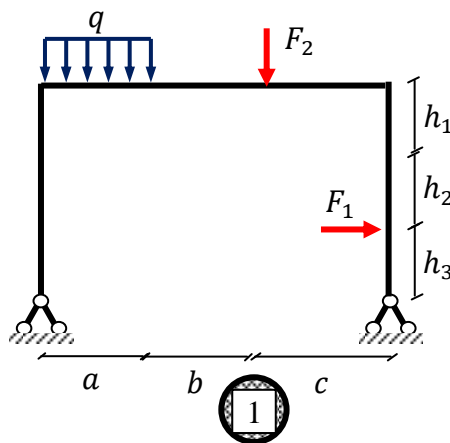
Рассчитать статически неопределимую раму:

- Составить основную систему.
- Составить каноническое уравнение.
- Выполнить деформационную проверку.
- Построить конечные эпюры поперечной силы и изгибающего момента.

Указание: Если не указаны расстояния до точек приложения силы или сосредоточенного момента, то они считаются приложенными к серединам соответствующих отрезков рамы.

**Исходные данные:**

$a = 2.0\text{м}$ ,  $b = 4.6\text{м}$ ,  $c = 1.4\text{м}$ ,  $h_1 = 2.0\text{м}$ ,  $h_2 = 4.0\text{м}$ ,  $h_3 = 1.0\text{м}$ ,  
 $q = 20 \text{ кН/м}$ ,  $F_1 = 30 \text{ кН}$ ,  $F_2 = 20 \text{ кН}$



Преподаватель ..... Хазамов Г.О.

Зав. кафедрой  
«Сейсмостойкое строительство»

к.т.н., доцент .....Магомедов М.Г

#### **IV. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, НАВЫКОВ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИЕ ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ**

Процедура оценивания – порядок действий при подготовке и проведении аттестационных испытаний и формировании оценки.

Процедура промежуточной аттестации проходит в соответствии с Положением о промежуточной (рубежной) аттестации знаний студентов и учащихся ГАОУ ВО «ДГУНХ».

- Аттестационные испытания проводятся преподавателем (или комиссией преподавателей – в случае модульной дисциплины), ведущим лекционные занятия по данной дисциплине, или преподавателями, ведущими практические и лабораторные занятия (кроме устного экзамена). Присутствие посторонних лиц в ходе проведения аттестационных испытаний без разрешения ректора или проректора не допускается (за исключением работников университета, выполняющих контролирующие функции в соответствии со своими должностными обязанностями). В случае отсутствия ведущего преподавателя аттестационные испытания проводятся преподавателем, назначенным письменным распоряжением по кафедре.
- Инвалиды и лица с ограниченными возможностями здоровья, имеющие нарушения опорно-двигательного аппарата, допускаются на аттестационные испытания в сопровождении ассистентов-сопровождающих.
- Во время аттестационных испытаний обучающиеся могут пользоваться программой учебной дисциплины, а также с разрешения преподавателя справочной и нормативной литературой, непрограммируемыми калькуляторами.
- Время подготовки ответа при сдаче зачета/экзамена в устной форме должно составлять не менее 40 минут (по желанию обучающегося ответ может быть досрочным). Время ответа – не более 15 минут.
- При подготовке к устному экзамену экзаменуемый, как правило, ведет записи в листе устного ответа, который затем (по окончании экзамена) сдается экзаменатору.
- При проведении устного экзамена экзаменационный билет выбирает сам экзаменуемый в случайном порядке.
- Экзаменатору предоставляется право задавать обучающимся дополнительные вопросы в рамках программы дисциплины текущего семестра, а также, помимо теоретических вопросов, давать задачи, которые изучались на практических занятиях.
- Оценка результатов устного аттестационного испытания объявляется обучающимся в день его проведения. При проведении письменных аттестационных испытаний или компьютерного тестирования – в день их проведения или не позднее следующего рабочего дня после их проведения.

## V. СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

### 5.1. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «СТАТИКА И ДИНАМИКА СООРУЖЕНИЙ»

Таблица 5.1.

№ п/п	Автор(ы)	Название основной и до- полнительной учебной литературы, необходи- мой для освоения МДК	Выходные данные по стандарту	Количество экземпляров в библиотеке ДГУНХ
1	2	3	4	5
<b>I. ОСНОВНАЯ УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА</b>				
1.	Бабанов В.В.	Строительная механика в 2т, Т.1: Учебник для студентов ВПО/ Бабанов В.В.- 2-е изд., стер.	М.: Издатель-ский центр «Академия», 2012.- 304 с.	10
2.	Бабанов В.В.	Строительная механика в 2т, Т.2: Учебник для студентов ВПО/ Бабанов В.В.- 2-е изд., стер.	М.: Издатель-ский центр «Академия», 2012.- 288 с.	10
3.	Кроткова Л.В., Филипович А.И., Архипов В.Г, Луцки Е.В.	Сборник задач по строительной механике: учебное пособие.	М.: АСВ, 2011. –.- 224 с.	10
4.	Сеницкий Ю. Э., Синельник А. К.	Строительная механика для архитекторов: учебник: в 2-х т. Т. I.	Самара: Самарский госуд-й архитек-турно-строительный унив-т, 2013.– 150 с.	<a href="http://biblioclub.ru/">http://biblioclub.ru/</a>
5.	Сеницкий Ю. Э., Синельник А. К.	Строительная механика для архитекторов: учебник: в 2-х т. Т. II.	Самара: Самарский госуд-й архитек-турно-строительный унив-т, 2014.– 280 с.	<a href="http://biblioclub.ru/">http://biblioclub.ru/</a>

6.	Белкин А. Е., Нарская Н. Л. <a href="http://biblioclub.ru/">http://biblioclub.ru/</a>	Расчет плоских рам методом перемещений: учебное пособие.	М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2013. – 32 с.	
7.	Крошкова Л.	Сборник задач по строительной механике. Учебное пособие	М.: АСВ, - 2011. – 300 с	5

## 5.2. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

### А. Дополнительная учебная литература

8.	Анохин Н.Н.	Строительная механика в примерах и задачах. Ч1. Статически определимые системы: Учебное пособие.	М.: АСВ, 2010.-335 с.	5
9.	Анохин Н.Н.	Строительная механика в примерах и задачах. Ч2. Статически неопределимые системы: Учебное пособие.	М.: АСВ, 2010.-464 с.	5

### Б. Официальные издания

10.	ГАРАНТ.РУ: <a href="http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70632872/#ixzz3Y07YmBBQ">http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70632872/#ixzz3Y07YmBBQ</a>		Приказ МО и Н РФ от 11 августа 2014 г. № 965. Зарегистрировано в Минюсте России 25 августа 2014 г. N 33818.	электронная
11	Консультант Плюс <a href="http://www.consultant.ru">www.consultant.ru</a>			1 (электронная версия)

### В) Научная литература. Монографии

<b>Б. Официальные издания</b>				
15.	Консультант Плюс <a href="http://www.consultant.ru">www.consultant.ru</a>	Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 08.03.01 Строительство (уровень	Приказ от 12 марта 2015 г. N 201. Зарегистрировано в Минюсте России 7 апреля 2015 г. N	1 (электронная версия)

		бакалавриата)	36767	
16.	ГАРАНТ.РУ: <a href="http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70632872/#ixzz3Y07YmBVq">http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70632872/#ixzz3Y07YmBVq</a>	Федеральный государственный образовательный стандарт среднего профессионального образования по специальности 08.02.01 Строительство и эксплуатация зданий и сооружений (утв. приказом Министерства образования и науки РФ от 11 августа 2014 г. № 965).	Приказ МО и Н РФ от 11 августа 2014 г. № 965. Зарегистрировано в Минюсте России 25 августа 2014 г. N 33818.	1 (электронная версия)

## VI. ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ

1. «Российское образование» - федеральный портал. <http://www.edu.ru/index.php>.
2. Международный научно-образовательный сайт EqWorld [Электронный ресурс]: Электрон. дан. и прогр. – Режим доступа: <http://yandex.ru/yandsearch?lr=28&clid=1996806&text=http%3A%2F%2Feqworld.ipmnet.ru%2Findexr.html>, свободный. – Загл. с экрана.
3. –Википедия [Электронный ресурс]: [свобод. Интернет-энцикл.] – Электрон. дан. и прогр. – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org>, свободный. – Русскояз. часть междунар. проекта «Википедия». – Загл. с экрана. –
4. Научная электронная библиотека. <http://elibrary.ru/defaultx.asp>. –
5. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам". <http://window.edu.ru/>. –
6. Наборы решенных задач и расчетно-графических работ по различным разделам механики и сопротивления материалов. <http://botaniks.ru/leksopromat.php>. –
7. Курсы лекций, курсы-онлайн лекций и практических занятий, учебные кинофильмы, экзаменационные вопросы, задачи, ответы и решения по технической механике. <http://www.tychina.pro/>. – Дата обращения: 27.02.2017.

**Лист актуализации фонда оценочных средств  
междисциплинарного курса**