

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«Воронежский государственный технический университет»



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА  
дисциплины  
«Строительная механика»**

**Направление подготовки аспиранта:** 08.06.01 Техника и технологии строительства

**Направленность:** 05.23.17 Строительная механика

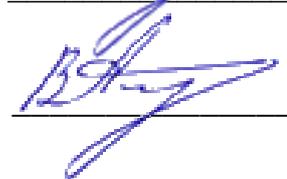
**Квалификация (степень):** Исследователь. Преподаватель-исследователь

**Нормативный срок обучения:** 4 года

**Форма обучения:** Очная

Автор программы: к.т.н., доцент  / С. В. Ефремов /

Заведующий кафедрой  
строительной механики  / В. А. Козлов /

Руководитель ОПОП  / В. А. Козлов /

**Воронеж 2021**

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

**1.1. Цели дисциплины:** формирование знаний и практических навыков по расчету и конструированию различных железобетонных, стальных и каменных конструкций.

### 1.2. Задачи освоения дисциплины

- изучить основные физико-механические и строительные свойства разных сталей, бетонов, арматуры и камня;
- изучить современные методы расчета строительных элементов и конструкций из стали, бетона, железобетона, камня;
- изучить методы конструирования из вышеназванных материалов строительных конструкций зданий и сооружений.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ООП

Дисциплина «Строительная механика» относится к дисциплинам по выбору вариативной части блока 1 «дисциплины (модули)» учебного плана.

## 3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Процесс изучения дисциплины «Строительная механика» направлен на формирование следующих компетенций:

- способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);
- владением методологией теоретических и экспериментальных исследований в области строительства (ОПК-1);
- способностью профессионально излагать результаты своих исследований и представлять их в виде научных публикаций и презентаций (ОПК-5);
- готовностью к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования (ОПК-8);
- владение методами оценки напряженно-деформированного состояния и методами расчета строительных конструкций с учетом физической и геометрической нелинейности материалов строительных конструкций зданий и сооружений (ПК-6);
- способность рассчитывать остаточное силовое сопротивление, а также необходимое усиление строительных конструкций при реконструкции зданий и сооружений (ПК-7);

В результате изучения дисциплины студент должен:

### **Знать:**

- основы расчёта стержневых систем на статические нагрузки;

- основы расчёта пластинчатых и оболочечных систем;
- основные численные методы расчета строительных конструкций;
- основы метода конечных элементов;
- расчёт конструкций на динамические нагрузки;
- основы расчёта конструкций на устойчивость.

**Уметь:**

- рассчитывать стержневые и тонкостенные системы аналитическими и численными методами;
- рассчитывать конструкции на надёжность при действии статических и динамических нагрузок;
- рассчитывать фундаменты и основания с применением нелинейных расчётных моделей.

**Владеть:**

- навыками расчёта стержневых и тонкостенных систем на статические и динамические нагрузки.

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Строительная механика» составляет **6** зачетных единиц.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры		
		5/5	6/6	
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	32/26	14/8	18/18	
В том числе:				
Лекции	32/26	14/8	18/18	
Практические занятия (ПЗ)				
Лабораторные работы (ЛР)				
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	157/163	58/64	99/99	
В том числе:				
Курсовой проект				
Контрольная работа				
Вид промежуточной аттестации (зачет, экзамен)	Экзамен 27/27	Зач./Зач.	Экзамен 27/27	
Общая трудоемкость: час зач. ед.	216	72/72	144/144	
	6	2/2	4/4	

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 5.1. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
<b>Семестр изучения – пятый</b>		
1	Методические и экспериментальные основы строительной механики.	<p>Предмет и объекты строительной механики. Место строительной механики в системе естественных наук. Основные этапы развития строительной механики.</p> <p>Механические свойства материалов. Назначение и основные типы механических испытаний. Испытательные машины и установки. Диаграммы растяжения – сжатия. Изменение объема и формы. Упругая и пластическая деформация. Влияние фактора времени. Упрочнение. Влияние скорости деформации. Ползучесть и длительная прочность. Хрупкое и вязкое разрушение. Усталость материалов.</p> <p>Экспериментальные методы строительной механики. Метод тензометрии, поляризациино-оптический метод. Применение фотоупругих покрытий, метод муаровых полос. Метод голографической тензометрии.</p>
2	Основы теории упругости, пластичности и ползучести	<p>Тензор напряжений. Главные напряжения и главные площадки. Инварианты тензора напряжений. Дифференциальные уравнения равновесия. Граничные условия. Тензор деформаций. Главные оси деформаций и главные деформации. Инварианты тензора деформаций. Уравнения, связывающие перемещение и деформации. Уравнения совместности деформаций. Закон Гука для анизотропного тела. Тензор упругих деформаций и его свойства. Закон Гука для изотропного тела. Гипотезы прочности и критерии пластичности материалов при сложном напряженном строении.</p> <p>Полная система уравнений теории упругости. Уравнения теории упругости в перемещениях и напряжениях. Уравнение Бельтрами—Митчелла. Постановка основных краевых задач теории упругости. Теорема единственности. Принцип Сен-Венана. Вариационные принципы теории упругости. Принцип Лагранжа. Принцип Кастильяно. Вариационные методы решения задач теории упругости.</p> <p>Плоское напряженное и плоское деформированное состояния. Обобщенное плоское напряженное состояние. Функция напряжений, Бигармоническое уравнение и граничные условия для функций напряжений. Плоская задача в полярных координатах. Кручение призматических стержней.</p> <p>Основы теории пластичности. Модель упругопластического тела. Деформационная теория пластичности. Теория пластического течения. Теория предельного равновесия. Экстремальные принципы теории предельного равновесия и их применение для определения предельных нагрузок. Экстремальные принципы динамики идеально пластического тела, определение остаточных перемещений.</p> <p>Элементы теории ползучести. Установившаяся и неуставившаяся ползучесть. Основы теории линейной вязкоупругости</p>
3	Строительная механика стержней и стержневых систем	<p>Напряжения и перемещения в упругом стержне в общем случае нагружения. Изгиб прямолинейных стержней. Расчет балок на упругом основании. Особенности работы на изгиб кривых стерж-</p>

		<p>ней. Изгиб и кручение тонкостенных стержней открытого профиля. Секториальные характеристики сечения. Свободное и стесненное кручение тонкостенных стержней.</p> <p>Кинематический анализ плоских и пространственных стержневых систем. Методы определения усилий в элементах стержневых систем.</p> <p>Общие теоремы строительной механики: теорема Клапейрона, теорема взаимности возможных работ (теорема Бетти), теорема Максвелла. Потенциальная энергия деформаций стержневой системы. Метод определения перемещений. Метод Максвелла—Мора.</p> <p>Расчет статически неопределимых систем по методу сил и методу перемещений. Смешанный метод. Расчет на температурные воздействия. Понятие о расчете систем с односторонними связями.</p>
<b>Семестр изучения – шестой</b>		
4	Строительная механика тонкостенных конструкций	<p>Теория изгиба пластинок. Основные гипотезы и уравнения. Решения Навье и Леви для прямоугольной пластинки. Изгиб круглых и кольцевых пластинок.</p> <p>Допущения классической теории тонких упругих оболочек. Полная система уравнений теории оболочек. Основы теории пологих тонких оболочек В.З. Власова. Уравнение теории пологих оболочек и область их применения. Безмоментная теория оболочек, область применения. Осесимметричный изгиб оболочек вращения. Краевой эффект в круговой цилиндрической оболочке. Основные понятия нелинейной теории пластинок и оболочек.</p> <p>Применение вариационных принципов строительной механики к расчету тонкостенных систем. Расчет призматических складчатых систем.</p>
5	Динамика конструкций	<p>Вариационные принципы динамики. Собственные и вынужденные колебания систем с конечным числом степеней свободы. Учет диссипации энергии. Нестационарные режимы в линейных системах.</p> <p>Понятие о параметрических колебаниях и автоколебаниях</p> <p>Уравнения продольных, крутильных и изгибных колебаний стержней. Уравнения колебаний пластинок и оболочек. Методы определения частот и форм собственных колебаний упругих систем.</p> <p>Установившиеся вынужденные колебания стержней, пластинок и оболочек. Распространение волн и ударные явления в упругих телах. Основные понятия о расчетах сооружений на сейсмические воздействия. Спектральный метод и метод расчета на воздействия, заданные акселерограммами.</p>
6	Устойчивость конструкций	<p>Понятие устойчивости по Ляпунову. Методы решения задач устойчивости: метод Эйлера, энергетический метод, динамический метод. Предельные точки и точки бифуркации. Устойчивость физически и геометрически нелинейных систем. Понятие о динамической устойчивости.</p> <p>Продольный изгиб центрально сжатых стержней. Устойчивость рам и стержневых систем. Устойчивость прямоугольных пластинок при сжатии, изгибе и чистом сдвиге. Устойчивость круговой цилиндрической оболочки при осевом сжатии и гидродинамическом давлении.</p> <p>Устойчивость конструкций за пределом упругости. Приведенно-модульная и касательно-модульная критические силы. Концепция</p>

		Шекли.
7	Численные методы и применение ЭВМ в расчетах конструкций	Численные методы решения систем линейных алгебраических уравнений большой размерности. Численное интегрирование систем дифференциальных уравнений и решение краевых задач на ЭВМ. Проблема собственных значений на ЭВМ. Проблемы вычислительной устойчивости. Вариационные основы метода конечных элементов и его реализация на ЭВМ. Метод граничных элементов. Разностные методы. Вычислительный эксперимент и его роль в решении задач проектирования сооружений.

## 5.2. Разделы дисциплин и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекц.	Практ.	Лаб.	СРС	Всего
<b>Семестр изучения – пятый</b>						
1	Методические и экспериментальные основы строительной механики.	4/2			19/21	23/23
2	Основы теории упругости, пластичности и ползучести	4/3			19/21	23/24
3	Строительная механика стержней и стержневых систем	6/3			20/22	26/25
	<i>Итого:</i>	<i>14/8</i>			<i>58/64</i>	<i>72/72</i>
<b>Семестр изучения – шестой</b>						
4	Строительная механика тонкостенных конструкций	4/4			24/24	28/28
5	Динамика конструкций	4/4			25/25	29/29
6	Устойчивость конструкций	4/4			25/25	29/29
7	Численные методы и применение ЭВМ в расчетах конструкций	6/6			25/25	31/31
	<i>Итого:</i>	<i>18/18</i>			<i>99/99</i>	<i>117/117</i>
	<b><i>Всего:</i></b>	<b><i>32/26</i></b>			<b><i>157/163</i></b>	<b><i>189/189</i></b>

Практическая подготовка при освоении дисциплины проводится путем непосредственного выполнения обучающимися отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью, способствующих формированию, закреплению и развитию практических навыков и компетенций по профилю соответствующей образовательной программы на лекционных занятиях:

№ п/п	Перечень выполняемых обучающимися отдельными элементами работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью	Формируемые профессиональные компетенции
1	Определять напряженно-деформированное состояние сооружений и их элементов с учетом физической и геометрической нелинейности материалов конструкций.	ПК-6
2	Рассчитывать остаточное силовое сопротивление, а также необходимое усиление строительных конструкций при реконструкции зданий и сооружений.	ПК-7

## 6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА РЕФЕРАТОВ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение реферата.

## 7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### 7.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

№ п/п	Компетенция (универсальная – УК; общепрофессиональная – ОПК; профессиональная – ПК)	Форма контроля	Семестр
1	способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1)	Тестирование Экзамен	5-6
2	владением методологией теоретических и экспериментальных исследований в области строительства (ОПК-1)	Тестирование Экзамен	5-6
3	способностью профессионально излагать результаты своих исследований и представлять их в виде научных публикаций и презентаций (ОПК-5)	Тестирование Экзамен	5-6
4	готовностью к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования (ОПК-8)	Тестирование Экзамен	5-6
5	владение методами оценки напряженно-деформированного состояния и методами расчета строительных конструкций с учетом физической и геометрической нелинейности материалов строительных конструкций зданий и сооружений (ПК-6);	Тестирование Экзамен	5-6
6	способность рассчитывать остаточное силовое сопротивление, а также необходимое усиление строительных конструкций при реконструкции зданий и сооружений (ПК-7);	Тестирование Экзамен	5-6

## 7.2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Дескриптор компетенции	Показатель оценивания	Форма контроля					
		РГР	КЛ	КР	Т	Зачет	Экзамен
Знает	<ul style="list-style-type: none"> <li>– основы расчёта стержневых систем на статические нагрузки;</li> <li>– основы расчёта пластинчатых и оболочечных систем;</li> <li>– основные численные методы расчета строительных конструкций;</li> <li>– основы метода конечных элементов;</li> <li>– расчёт конструкций на динамические нагрузки;</li> <li>– основы расчёта конструкций на устойчивость.</li> </ul> (УК-1, ОПК-1, ОПК-5, ОПК-8, ПК-6, ПК-7)	–	–	–	+	–	+
Умеет	<ul style="list-style-type: none"> <li>– рассчитывать стержневые и тонкостенные системы аналитическими и численными методами;</li> <li>– рассчитывать конструкции на надёжность при действии статических и динамических нагрузок;</li> <li>– рассчитывать фундаменты и основания с применением нелинейных расчётных моделей.</li> </ul> (УК-1, ОПК-1, ОПК-5, ОПК-8, ПК-6, ПК-7)	–	–	–	+	–	+
Владеет	навыками расчёта стержневых и тонкостенных систем на статические и динамические нагрузки (УК-1, ОПК-1, ОПК-5, ОПК-8, ПК-6, ПК-7)	–	–	–	+	–	+

### 7.2.1. Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 5 семестре для очной и заочной формам обучения по системе

«зачтено»;

«не зачтено»;

Дескриптор компетенции	Показатель оценивания	Оценка	Критерий оценивания
Знает	<ul style="list-style-type: none"> <li>– основы расчёта стержневых систем на статические нагрузки;</li> <li>– основы расчёта пластинчатых и оболочечных систем;</li> <li>– основные численные методы расчета строительных конструкций;</li> <li>– основы метода конечных элементов;</li> <li>– расчёт конструкций на динамические</li> </ul>	зачтено	Полное или частичное (не менее 50%) посещение лекционных и практических занятий. Показал полное или ча-

Дескриптор компетенции	Показатель оценивания	Оценка	Критерий оценивания
	нагрузки; – основы расчёта конструкций на устойчивость. (УК-1, ОПК-1, ОПК-5, ОПК-8, ПК-6, ПК-7)		стичное знания лекционного материала и литературных источников. Полное или частичное (не менее 50%) выполнение практических заданий.
Умеет	– рассчитывать стержневые и тонкостенные системы аналитическими и численными методами; – рассчитывать конструкции на надёжность при действии статических и динамических нагрузок; – рассчитывать фундаменты и основания с применением нелинейных расчётных моделей. (УК-1, ОПК-1, ОПК-5, ОПК-8, ПК-6, ПК-7)		
Владеет	навыками расчёта стержневых и тонкостенных систем на статические и динамические нагрузки (УК-1, ОПК-1, ОПК-5, ОПК-8, ПК-6, ПК-7)		
Знает	– основы расчёта стержневых систем на статические нагрузки; – основы расчёта пластинчатых и оболочечных систем; – основные численные методы расчета строительных конструкций; – основы метода конечных элементов; – расчёт конструкций на динамические нагрузки; – основы расчёта конструкций на устойчивость. (УК-1, ОПК-1, ОПК-5, ОПК-8, ПК-6, ПК-7)	не зачтено	Непосещение или частичное (менее 50%) посещение лекционных и практических занятий. Не показал знаний из лекционного материала. Не выполнил или выполнил неудовлетворительно практические задания.
Умеет	– рассчитывать стержневые и тонкостенные системы аналитическими и численными методами; – рассчитывать конструкции на надёжность при действии статических и динамических нагрузок; – рассчитывать фундаменты и основания с применением нелинейных расчётных моделей. (УК-1, ОПК-1, ОПК-5, ОПК-8, ПК-6, ПК-7)		
Владеет	навыками расчёта стержневых систем на статические нагрузки. (УК-1, ОПК-1, ОПК-5, ОПК-8, ПК-6, ПК-7)		

## 7.2.2. Этап текущего контроля знаний

Результаты текущего контроля знаний (экзамен) оцениваются в 6 семестре для очной и заочной форм обучения по четырехбалльной шкале с оценками:

- «отлично»;
- «хорошо»;
- «удовлетворительно»;
- «не удовлетворительно».

Дескриптор компетенции	Показатель оценивания	Оценка	Критерий оценивания
Знает	<ul style="list-style-type: none"> <li>– основы расчёта стержневых систем на статические нагрузки;</li> <li>– основы расчёта пластинчатых и оболочечных систем;</li> <li>– основные численные методы расчета строительных конструкций;</li> <li>– основы метода конечных элементов;</li> <li>– расчёт конструкций на динамические нагрузки;</li> <li>– основы расчёта конструкций на устойчивость.</li> </ul> (УК-1, ОПК-1, ОПК-5, ОПК-8, ПК-6, ПК-7)	отлично	Аспирант демонстрирует полное понимание заданий. Все требования, предъявляемые к заданию выполнены.
Умеет	<ul style="list-style-type: none"> <li>– рассчитывать стержневые и тонкостенные системы аналитическими и численными методами;</li> <li>– рассчитывать конструкции на надёжность при действии статических и динамических нагрузок;</li> <li>– рассчитывать фундаменты и основания с применением нелинейных расчётных моделей.</li> </ul> (УК-1, ОПК-1, ОПК-5, ОПК-8, ПК-6, ПК-7)		
Владеет	навыками расчёта стержневых и тонкостенных систем на статические и динамические нагрузки. (УК-1, ОПК-1, ОПК-5, ОПК-8, ПК-6, ПК-7)		
Знает	<ul style="list-style-type: none"> <li>– основы расчёта стержневых систем на статические нагрузки;</li> <li>– основы расчёта пластинчатых и оболочечных систем;</li> <li>– основные численные методы расчета строительных конструкций;</li> <li>– основы метода конечных элементов;</li> <li>– расчёт конструкций на динамические нагрузки;</li> <li>– основы расчёта конструкций на устойчивость.</li> </ul> (УК-1, ОПК-1, ОПК-5, ОПК-8, ПК-6, ПК-7)	хорошо	Аспирант демонстрирует значительное понимание заданий. Все требования, предъявляемые к заданию выполнены.
Умеет	<ul style="list-style-type: none"> <li>– рассчитывать стержневые и тонкостенные системы аналитическими и численными методами;</li> <li>– рассчитывать конструкции на надёжность при действии статических и динамических нагрузок;</li> <li>– рассчитывать фундаменты и основания с применением нелинейных расчётных моделей.</li> </ul>		

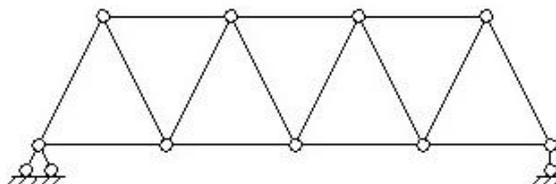
Дескриптор компетенции	Показатель оценивания	Оценка	Критерий оценивания
	(УК-1, ОПК-1, ОПК-5, ОПК-8, ПК-6, ПК-7)		
Владеет	навыками расчёта стержневых и тонкостенных систем на статические и динамические нагрузки. (УК-1, ОПК-1, ОПК-5, ОПК-8, ПК-6, ПК-7)		
Знает	– рассчитывать стержневые и тонкостенные системы аналитическими и численными методами; – рассчитывать конструкции на надёжность при действии статических и динамических нагрузок; – рассчитывать фундаменты и основания с применением нелинейных расчётных моделей. (УК-1, ОПК-1, ОПК-5, ОПК-8, ПК-6, ПК-7)	удовлетворительно	Аспирант демонстрирует частичное понимание заданий. Большинство требований, предъявляемых к заданию выполнены.
Умеет	– рассчитывать стержневые и тонкостенные системы аналитическими и численными методами; – рассчитывать конструкции на надёжность при действии статических и динамических нагрузок; – рассчитывать фундаменты и основания с применением нелинейных расчётных моделей. (УК-1, ОПК-1, ОПК-5, ОПК-8, ПК-6, ПК-7)		
Владеет	навыками расчёта стержневых и тонкостенных систем на статические и динамические нагрузки. (УК-1, ОПК-1, ОПК-5, ОПК-8, ПК-6, ПК-7)		
Знает	– основы расчёта стержневых систем на статические нагрузки; – основы расчёта пластинчатых и оболочечных систем; – основные численные методы расчета строительных конструкций; – основы метода конечных элементов; – расчёт конструкций на динамические нагрузки; – основы расчёта конструкций на устойчивость. (УК-1, ОПК-1, ОПК-5, ОПК-8, ПК-6, ПК-7)	неудовлетворительно	1. Аспирант демонстрирует небольшое понимание заданий. Многие требования, предъявляемые к заданию не выполнены. 2. Аспирант демонстрирует непонимание заданий. 3. У аспиранта нет ответа. Не было попытки выполнить задание.
Умеет	– рассчитывать стержневые и тонкостенные системы аналитическими и численными методами; – рассчитывать конструкции на надёжность при действии статических и динамических нагрузок; – рассчитывать фундаменты и основания с применением нелинейных расчётных моделей. (УК-1, ОПК-1, ОПК-5, ОПК-8, ПК-6, ПК-7)		
Владеет	навыками расчёта стержневых систем на статические нагрузки. (УК-1, ОПК-1, ОПК-5, ОПК-8, ПК-6, ПК-7)		

## 7.3 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности).

### 7.3.1. Задания для тестирования

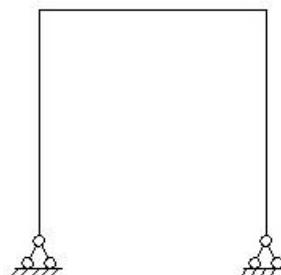
1. К какому виду относится изображенная на рисунке стержневая система?

- 1) балка;
- 2) рама;
- 3) ферма;
- 4) арка;
- 5) комбинированная система

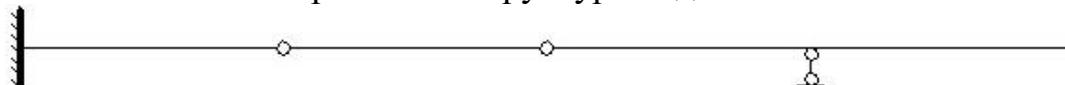


2. Определите число избыточных связей стержневой системы

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



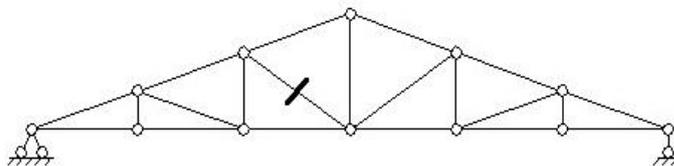
3. Выполните анализ геометрической структуры и дайте заключение



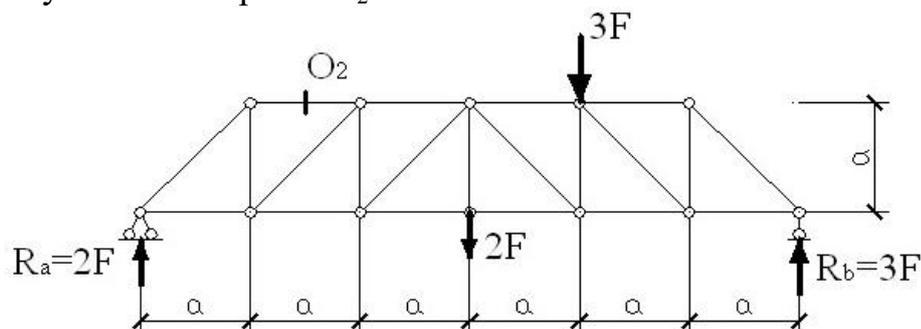
- 1) геометрически изменяемая;
- 2) мгновенно изменяемая;
- 3) геометрически неизменяемая

4. Какой метод следует применять для определения усилия в отмеченном стержне аналитическим путем?

- 1) метод проекций;
- 2) метод моментных точек (метод Риттера);
- 3) метод вырезания узлов;
- 4) комбинированный метод



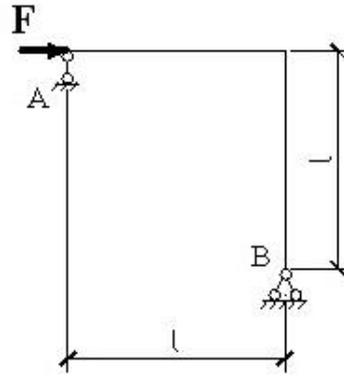
5. Определите усилие в стержне  $O_2$



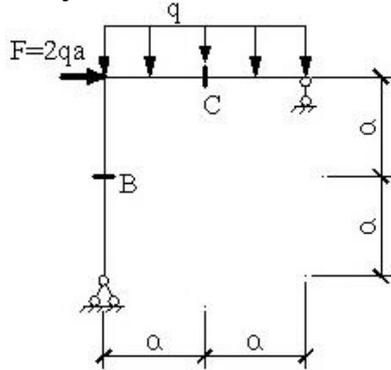
- 1) 0; 2)  $-F$ ; 3)  $-2F$ ; 4)  $1.5F$ ; 5)  $2F$

6. Определите реакцию опоры  $A$

- 1)  $3F$ ; 2)  $0.5F$ ; 3)  $2F$ ; 4)  $0$ ; 5)  $-F$

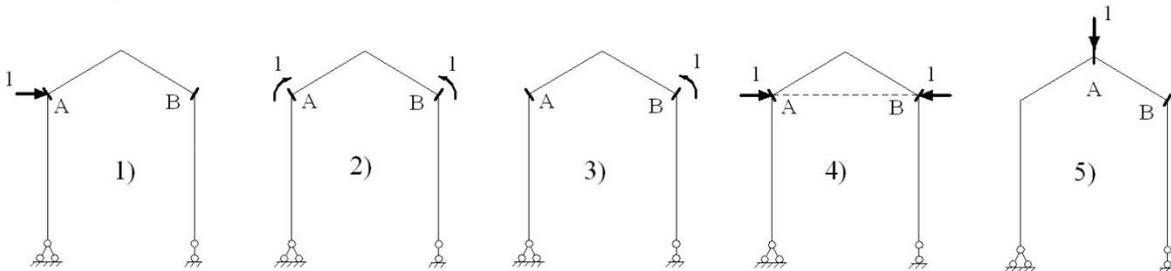


7. Определите поперечную силу в сечении  $B$



- 1)  $qa$ ; 2)  $3qa$ ; 3)  $0.5qa$ ; 4)  $1.5qa$ ; 5)  $2qa$

8. Выберите правильное вспомогательное состояние для определения горизонтального перемещения сечения  $A$



9. Укажите уравнения трех моментов для расчета неразрезной балки на действие заданной нагрузки

1)  $\Delta_i = \sum \int \frac{Mm_i}{EI} ds$ ;

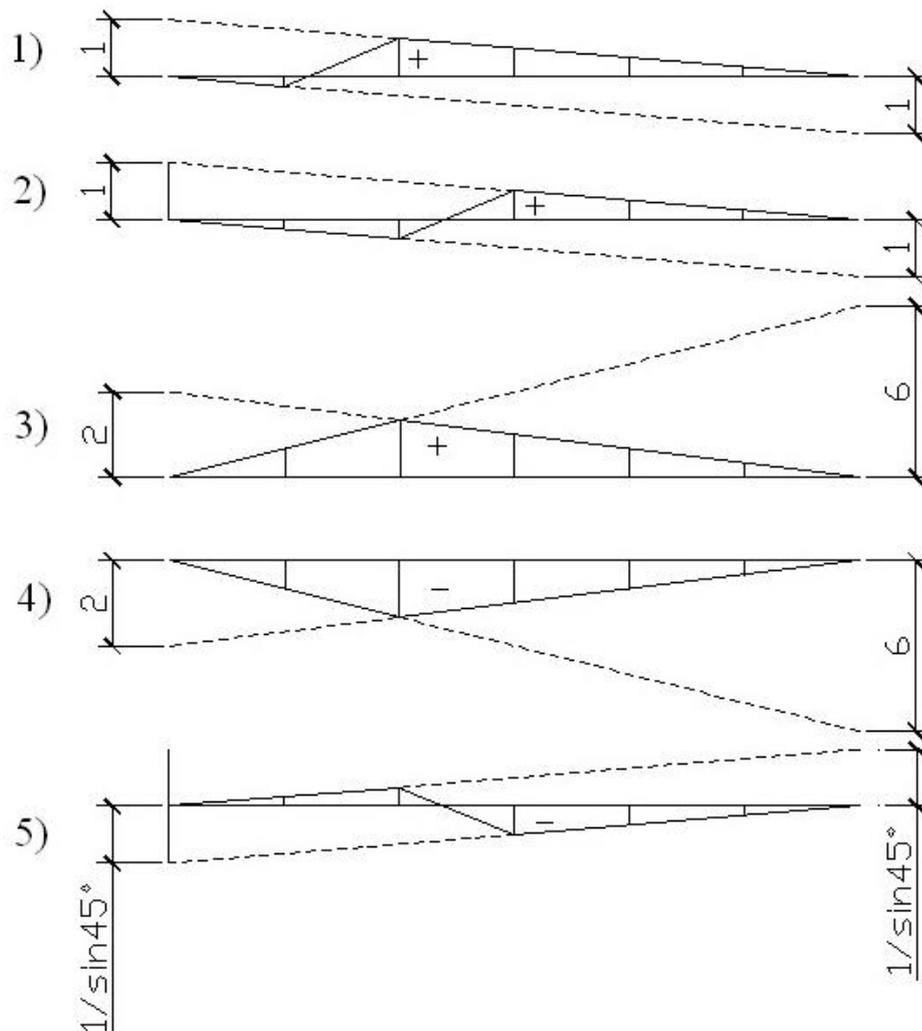
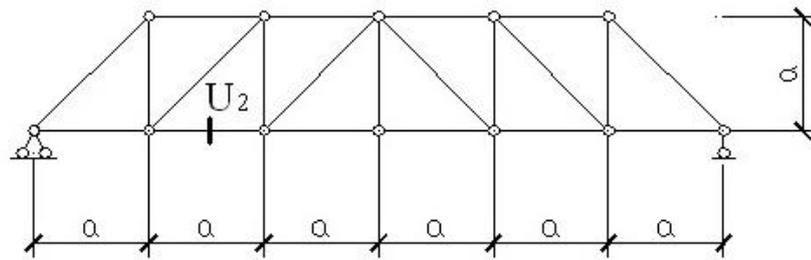
2)  $\Delta_i = \sum \alpha \int m_i \Delta t' ds + \sum \alpha \int n_i \Delta t_0 ds$ ;

3)  $\Delta_i = -\sum_{j=1}^n r_{ji} c_j$ ;

4)  $l_n x_{n-1} + 2(l_n + l_{n+1})x_n + l_{n+1}x_{n+1} = -6 \left( \frac{S_n^A}{l_n} + \frac{S_n^B}{l_{n+1}} \right)$ ;

5)  $l_n x_{n-1} + 2(l_n + l_{n+1})x_n + l_{n+1}x_{n+1} = -6EI(\Theta_{n+1} + \Theta_n)$

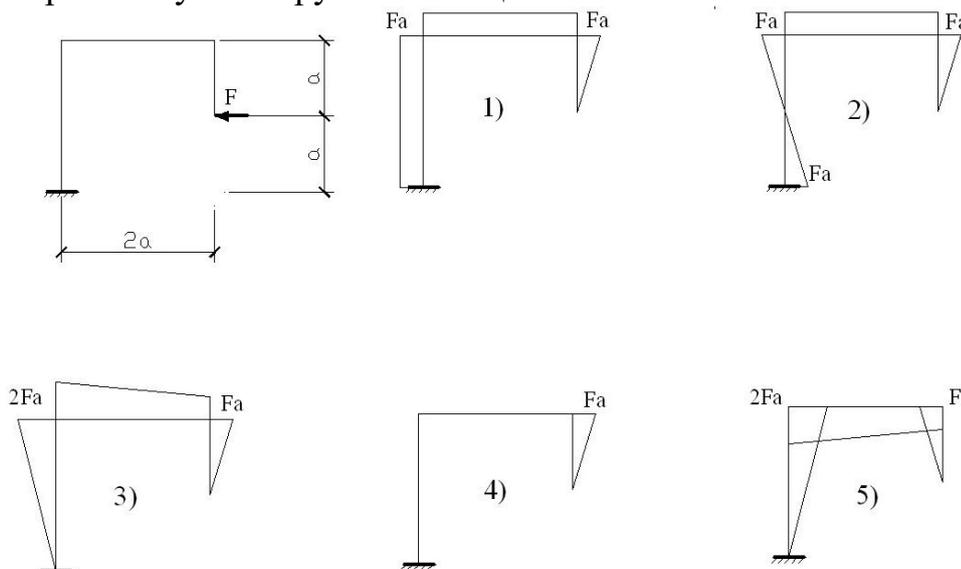
10. Укажите правильное очертание линии влияния усилия в стержне  $U_2$



**11.** Назовите основные неизвестные при расчете неразрезной балки

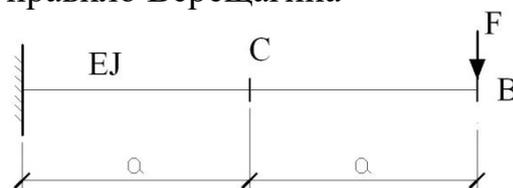
- 1) усилия и реакции в избыточных связях;
- 2) перемещения узлов;
- 3) реакции в избыточных связях и перемещения узлов;
- 4) перемещения по направлению отброшенных связей;
- 5) реакции наложенных связей

12. Укажите правильную эпюру изгибающих моментов



13. Определите угол поворота сечения C, используя правило Верещагина

- 1)  $\frac{2Fa^2}{3EI}$ ; 2)  $\frac{3Fa^2}{2EI}$ ; 3)  $\frac{4Fa^2}{2EI}$ ; 4)  $\frac{5Fa^2}{4EI}$ ; 5)  $\frac{3Fa^2}{4EI}$

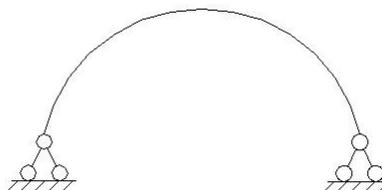


14. Укажите правильную формулировку физического смысла свободных членов канонических уравнений метода перемещений

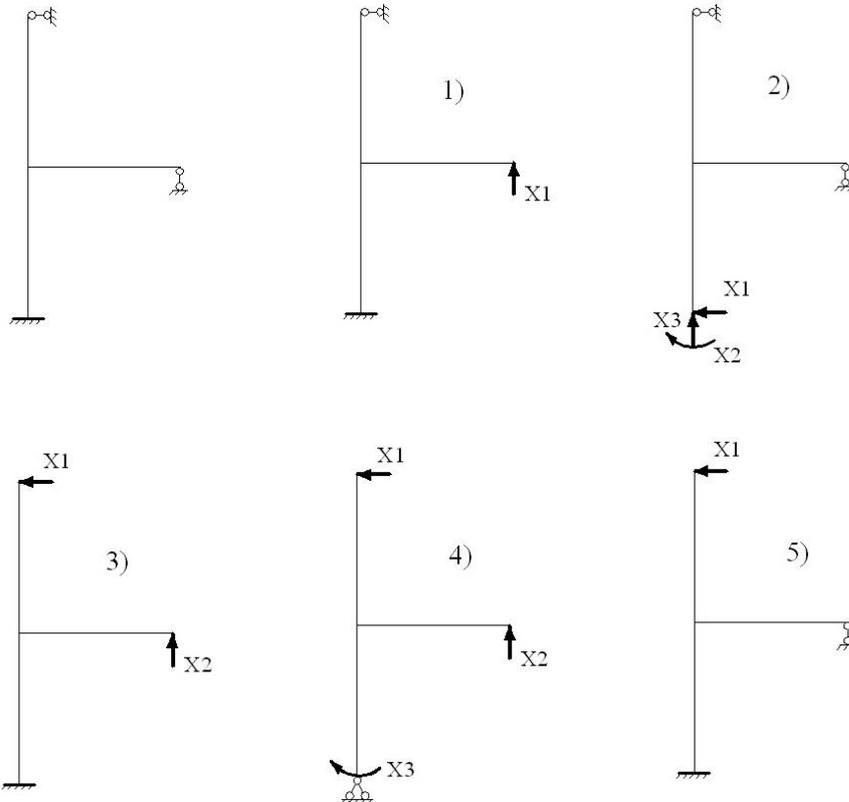
- 1) перемещения по направлению отброшенных связей от нагрузки;
- 2) перемещения по направлению отброшенных связей от единичных значений основных неизвестных;
- 3) реакции наложенных связей от нагрузки;
- 4) реакции наложенных связей от единичных смещений;
- 5) реакции наложенных связей от единичных силовых факторов, приложенных по направлению отброшенных связей;
- 6) перемещения по направлению отброшенных связей от единичных смещений наложенных связей

15. К какому виду относится изображенная на рисунке стержневая система?

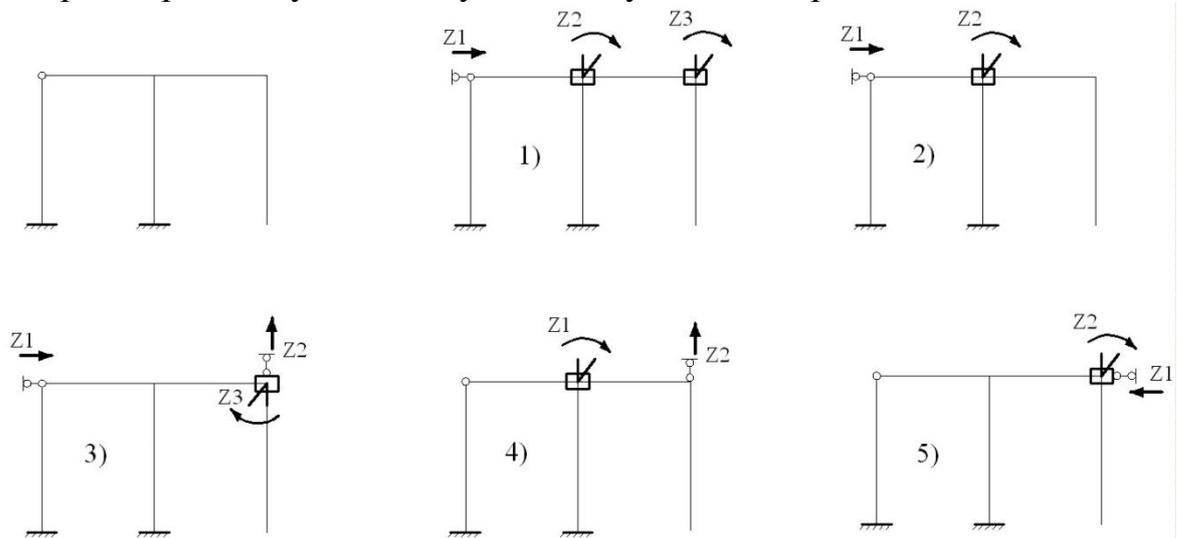
- 1) балка;
- 2) рама;
- 3) ферма;
- 4) арка;
- 5) комбинированная система



16. Выберите правильную основную систему метода сил

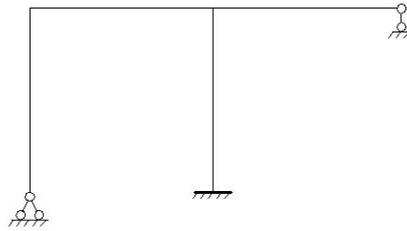


17. Выберите правильную основную систему метода перемещений



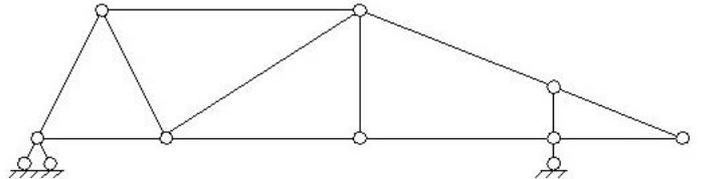
18. Определите число избыточных связей стержневой системы

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



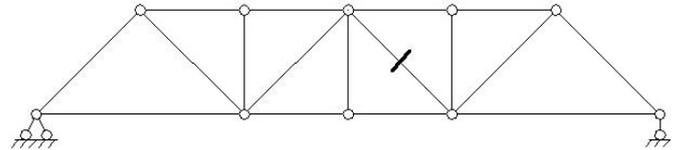
19. Выполните анализ геометрической структуры и дайте заключение

- 1) геометрически изменяемая;
- 2) мгновенно изменяемая;
- 3) геометрически неизменяемая.



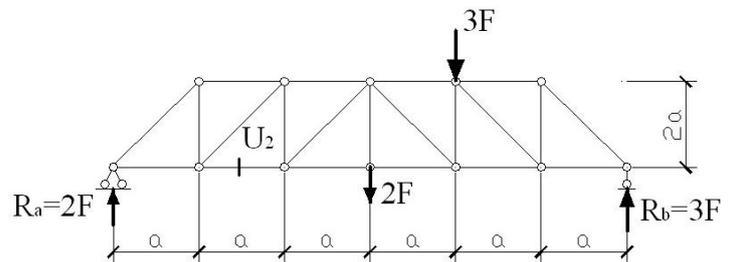
20. Какой метод следует применять для определения усилия в отмеченном стержне аналитическим путем?

- 1) метод проекций;
- 2) метод моментных точек (метод Риттера);
- 3) метод вырезания узлов;
- 4) комбинированный метод



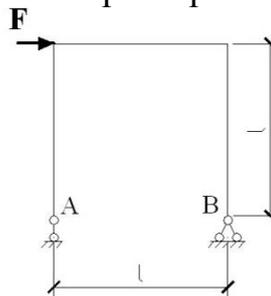
21. Определите усилие в стержне  $U_2$

- 1)  $2F$ ; 2)  $-3F$ ; 3)  $0$ ; 4)  $1.5F$ ; 5)  $-0.5F$



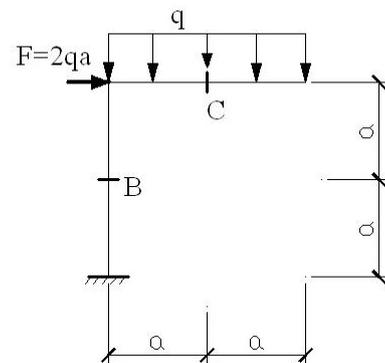
22. Определите вертикальную составляющую опорной реакции в опоре B

- 1)  $0$ ; 2)  $F$ ; 3)  $2F$ ; 4)  $0.5F$ ; 5)  $3F$



23. Определите изгибающий момент в сечении C

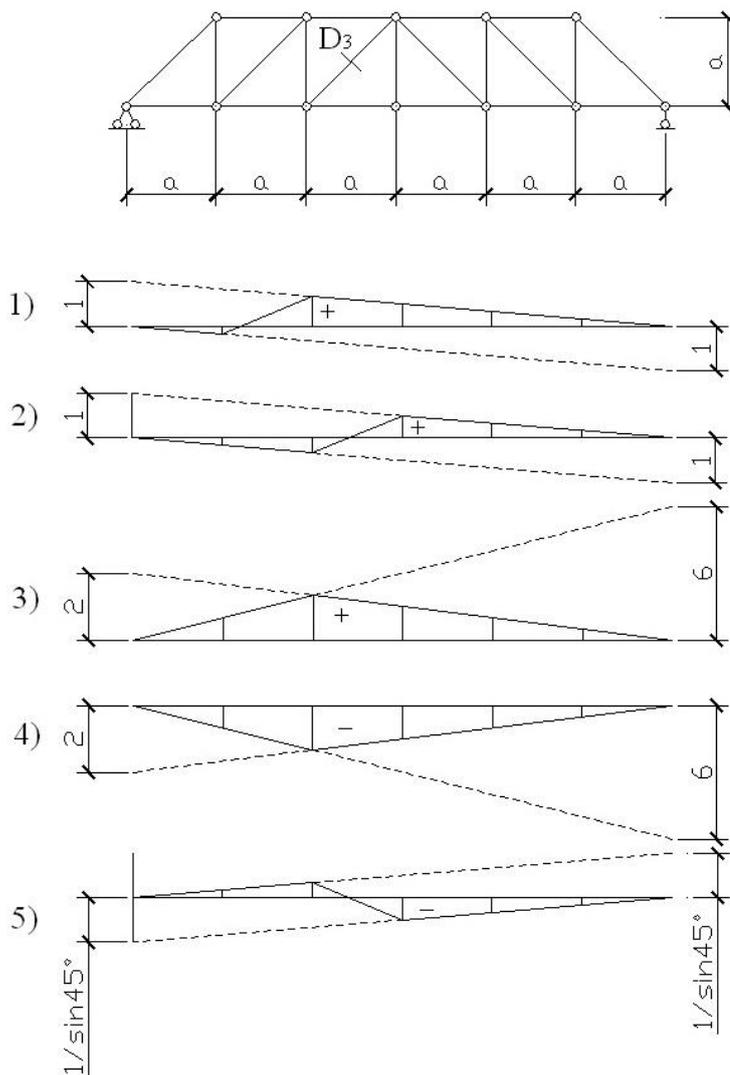
- 1) 0; 2)  $4qa^2$ ; 3)  $2.5qa^2$ ; 4)  $0.5qa^2$ ; 5)  $3qa^2$



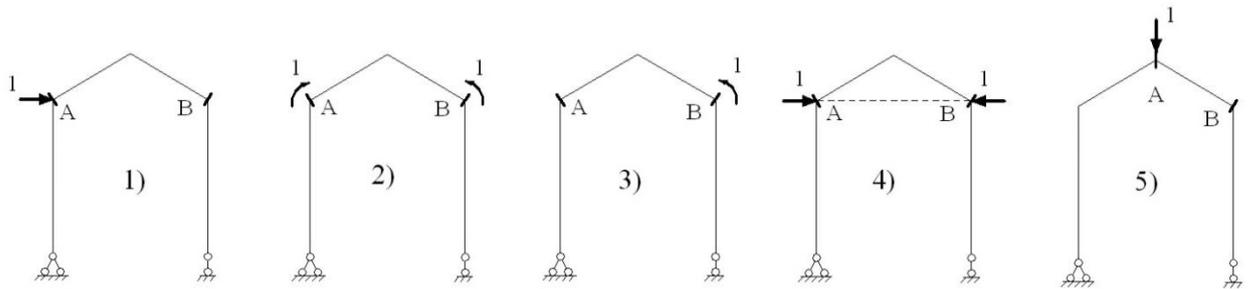
**24.** Укажите уравнения трех моментов для расчета неразрезной балки на действие заданной нагрузки

- 1)  $\Delta_i = \sum \int \frac{Mm_i}{EI} ds$ ;      2)  $\Delta_i = \sum \alpha \int m_i \Delta t' ds + \sum \alpha \int n_i \Delta t_0 ds$ ;  
 3)  $\Delta_i = -\sum_{j=1}^n r_{ji} c_j$ ;      4)  $l_n x_{n-1} + 2(l_n + l_{n+1})x_n + l_{n+1} x_{n+1} = -6 \left( \frac{S_n^A}{l_n} + \frac{S_n^B}{l_{n+1}} \right)$ ;  
 5)  $l_n x_{n-1} + 2(l_n + l_{n+1})x_n + l_{n+1} x_{n+1} = -6EI(\Theta_{n+1} + \Theta_n)$

**25.** Укажите правильное очертание линии влияния усилия в стержне  $D_3$



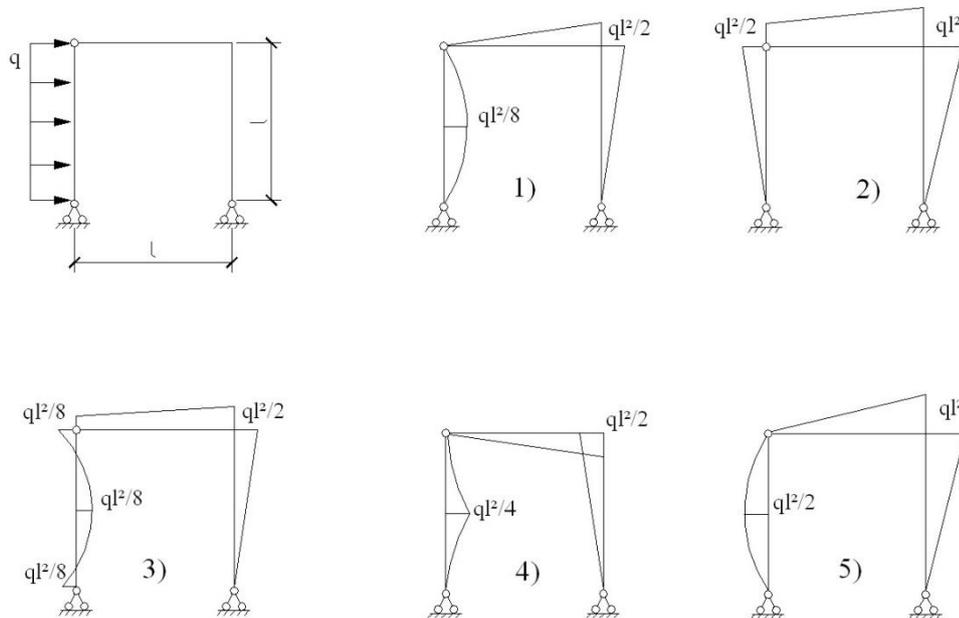
26. Выберите правильное вспомогательное состояние для определения взаимного смещения сечений  $A$  и  $B$



27. Укажите правильную формулировку физического смысла специальных коэффициентов  $r'_{ki}$  смешанного метода

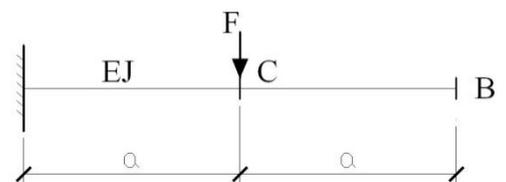
- 1) перемещения по направлению отброшенных связей от нагрузки;
- 2) перемещения по направлению отброшенных связей от единичных значений основных неизвестных;
- 3) реакции наложенных связей от нагрузки;
- 4) реакции наложенных связей от единичных смещений;
- 5) реакции наложенных связей от единичных силовых факторов, приложенных по направлению отброшенных связей

28. Укажите правильную эпюру изгибающих моментов



29. Определите вертикальное перемещение точки  $B$ , используя правило Верещагина

- 1)  $\frac{5Fa^3}{6EI}$  ; 2)  $\frac{5Fa^3}{3EI}$  ; 3)  $\frac{2Fa^3}{3EI}$  ; 4)  $\frac{4Fa^3}{3EI}$  ; 5)  $\frac{4Fa^3}{5EI}$



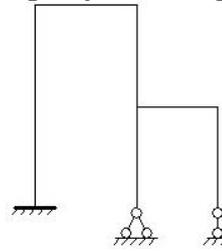
30. Укажите правильную формулировку физического смысла свободных членов канонических уравнений метода сил

- 1) перемещения по направлению отброшенных связей от нагрузки;

- 2) перемещения по направлению отброшенных связей от единичных значений основных неизвестных;
- 3) реакции наложенных связей от нагрузки;
- 4) реакции наложенных связей от единичных смещений;
- 5) реакции наложенных связей от единичных силовых факторов, приложенных по направлению отброшенных связей;
- 6) перемещения по направлению отброшенных связей от единичных смещений наложенных связей

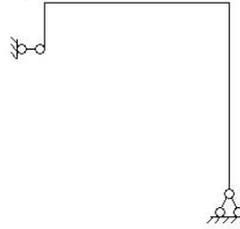
31. К какому виду относится изображенная на рисунке стержневая система?

- 1) балка;
- 2) рама;
- 3) ферма;
- 4) арка;
- 5) комбинированная система.

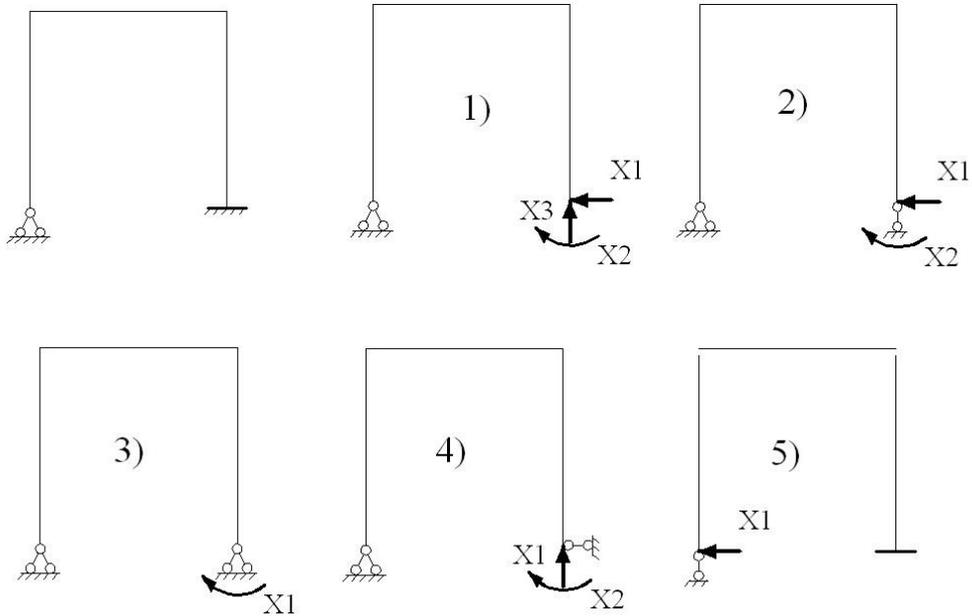


32. Выполните анализ геометрической структуры и дайте заключение

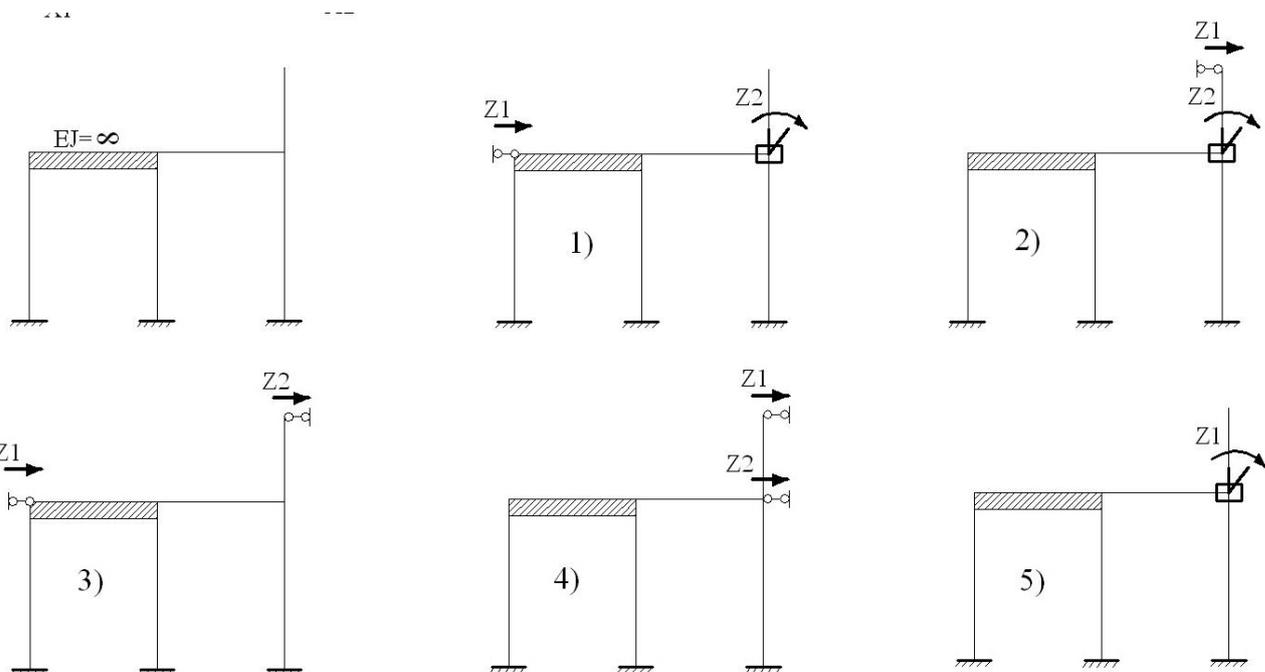
- 1) геометрически изменяемая;
- 2) мгновенно изменяемая;
- 3) геометрически неизменяемая



33. Выберите правильную основную систему метода сил

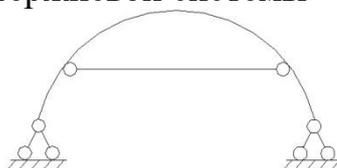


34. Выберите правильную основную систему метода перемещений



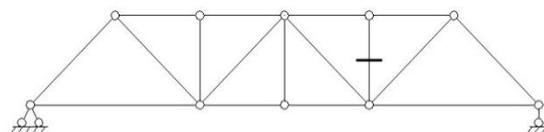
35. Определите число избыточных связей стержневой системы

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



36. Какой метод следует применять для определения усилия в отмеченном стержне аналитическим путем?

- 1) метод проекций;  
 2) метод моментных точек (метод Риттера);  
 3) метод вырезания узлов;  
 4) комбинированный метод



### 7.3.2. Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету (5 семестр)

1. Дисциплина «Строительная механика». Цели задачи и объекты изучения строительной механики.
2. Основные механические свойства материалов. Экспериментальное определение механических свойств материалов.
3. Экспериментальные методы определения напряженно-деформированного состояния. Метод тензометрии.
4. Основы теории пластичности. Модель упругопластического тела. Основные уравнения деформационной теории пластичности.
5. Механические свойства материалов. Типы испытаний материалов. Диаграммы растяжения – сжатия. Ползучесть и длительная прочность. Усталость материалов.
6. Основные теоремы строительной механики. Потенциальная энергия деформации стержневой системы.
7. Основные допущения и уравнения теории упругости.
8. Расчёт рам методом сил и методом перемещений.

9. Уравнения теории упругости в перемещениях и напряжениях. Постановка основных краевых задач теории упругости.
10. Теория предельного равновесия Экстремальные принципы теории предельного равновесия и их применение для определения предельных нагрузок.
11. Кинематический анализ плоских и пространственных стержневых систем.
12. Изгиб и кручение тонкостенных стержней открытого профиля. Секториальные характеристики сечения. Свободное и стесненное кручение тонкостенных стержней.
13. Плоская задача теории упругости в полярных координатах. Кручение призматических стержней.
14. Общие теоремы строительной механики: теорема Клапейрона, теорема взаимности возможных работ (теорема Бетти), теорема Максвелла. Потенциальная энергия деформаций стержневой системы.

### **7.3.3. Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену (6 семестр)**

1. Допущения классической теории тонких упругих оболочек. Полная система уравнений теории оболочек.
2. Собственные и вынужденные колебания систем с конечным числом степеней свободы. Учет диссипации энергии.
3. Теория изгиба пластинок. Основные гипотезы и уравнения. Решения Навье и Леви для прямоугольной пластинки.
4. Вариационные основы метода конечных элементов и его реализация на ЭВМ..
5. Уравнение теории пологих оболочек и область их применения.
6. Уравнения продольных, крутильных и изгибных колебаний стержней. Уравнения колебаний пластинок и оболочек.
7. Продольный изгиб центрально сжатых стержней. Устойчивость рам и стержневых систем.
8. Методы определения частот и форм собственных колебаний упругих систем.
9. Установившиеся вынужденные колебания стержней, пластинок и оболочек. Распространение волн и ударные явления в упругих телах.
10. Основные понятия динамики конструкций. Колебания систем с конечным числом стержней свободы. Учет диссипации энергии.
11. Устойчивость прямоугольных пластинок при сжатии, изгибе и чистом сдвиге.
12. Методы определения частот и форм собственных колебаний упругих систем
13. Основы метода конечных элементов. Вариационная постановка метода конечных элементов.
14. Расчёт рам на устойчивость методом перемещений.
15. Устойчивость конструкций за пределом упругости. Приведенно-модульная и касательно-модульная критические силы. Концепция Шекли.
16. Основные понятия о методе граничных элементов.

#### 7.3.4. Методика выставления оценки при проведении текущей аттестации

При проведении экзамена обучающемуся предоставляется 60 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету на экзамене не должен превышать двух астрономических часов.

Во время проведения тестирования обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, а также вычислительной техникой.

#### 7.3.5. Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	УК-1, ОПК-1, ОПК-5, ОПК-8, ПК-6, ПК-7	Тестирование Экзамен

### 8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

##### *Основная литература*

1. Дарков, А. В., Шапошников, Н. Н. Строительная механика: учебник. - 12-е изд., стер.. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2010 -655 с.
2. Шапиро, Д. М. Метод конечных элементов в строительном проектировании [Текст] : монография. - Воронеж : Научная книга, 2013 (Воронеж : Тип. ООО ИПЦ "Научная книга", 2013). - 181 с.

##### *Дополнительная литература*

1. Верюжский Ю. В., Гольшев А. Б., Колчунов В. И., и др. Справочное пособие по строительной механике: в 2 томах - Т. 1. - Москва : АСВ, 2014 -431 с.
2. Верюжский Ю. В., Гольшев А. Б., Колчунов В. И., и др. Справочное пособие по строительной механике: в 2 томах - Т. 2. - Москва : АСВ, 2014 -. -639 с.
3. Строительная механика. В 2 кн. Кн. 1 Статика упругих систем : учеб. пособие для вузов / В. Д. Потапов [и др.] ; под ред. В. Д. Потапова. – М.: Высш. шк., 2007. – 511 с.

##### *Справочно-нормативная литература*

1. СП 20.13330.2011. Нагрузки и воздействия. М. 2011.
2. СП 63.13330.2012 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. М. 2012.

3. СП 16.13330.2011 Стальные конструкции. М. 2011.
4. СП 15.13330.2012 Каменные и армокаменные конструкции. М. 2012 г.

### ***Периодические издания***

1. Журналы «Строительство», «Строительная механика и расчёт сооружений».
2. "Строительная механика и расчет сооружений" (научно-теоретический журнал).
3. "Прикладная механика" (научно-теоретический журнал).

## **8.2. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем**

### ***Лицензионное программное обеспечение:***

MS Office Word, MS Office Excel  
MIDAS GTS и MIDAS civil  
SCAD Office

### ***Свободно распространяемое программное обеспечение:***

Adobe Acrobat Reader

### ***Отечественное программное обеспечение:***

ЛИРА-САПР 2016 PRO

Библиотека программ, разработанная на кафедре строительной механики для выполнения РГР.

### ***Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля):***

<http://www.cchgeu.ru>. Учебный портал ВГТУ.

<http://cchgeu.ru/university/library/elektronnyy-katalog/> Электронный каталог Научной Библиотеки ВГТУ.

<http://cchgeu.ru/education/cafedras/kafsm/> Учебно-методические разработки кафедры строительной механики.

Информационно-поисковая система «СтройКонсультант»: доступ в локальной сети ВГТУ (библиотечный корпус).

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы.

<https://картанауки.рф/>.

[elibrary.ru](http://elibrary.ru). Российский информационно-аналитический портал в области науки, технологии, медицины и образования.

<http://www.I-exam.ru>. (Интернет – тренажеры (ИТ)). Разработанные НИИ мониторинга качества образования.

www.fepo.ru/test. Федеральный интернет-экзамен в сфере профессионального образования. Репетиционное тестирование

www.iprbookshop.ru. Электронная библиотечная система IPRbook.

dwg.ru. Сайт для инженеров-проектировщиков, конструкторов, содержащий техническую и нормативную документацию по проектированию и программам САПР.

## **9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА**

- 1) Оборудование для демонстрации видеофильмов, фотографий и слайдов.
- 2) Приборы и оборудование для испытания строительных конструкций.

### **Перечень материально-технического обеспечения дисциплины:**

– Специализированная аудитория (компьютерный класс [ауд. 2121]), оборудованная интерактивными технологиями представления видеоматериала при проведении лекционных и практических занятий, численных экспериментов аспирантов, а также для выполнения расчетно-графических работ и проведения всех видов контрольных мероприятий с помощью компьютерного тестирования.

– Методические указания к РГР и контрольным работам.

– Библиотека кафедры (ауд. 2115).

– Испытательная лаборатория (ауд. 2116) для проведения лабораторных работ и испытаний строительных конструкций. Проводятся механические испытания различных материалов и лабораторных образцов для студентов. В наличии имеются испытательные машины:

- ✓ ГМС-20 (растяжение-сжатие, изгиб стали и чугуна);
- ✓ УИМ-50 (растяжение-сжатие, изгиб стали и чугуна);
- ✓ ГРМ-2А (растяжение-сжатие, изгиб стали и чугуна);
- ✓ Копёр КМ-30 (ударная вязкость стали);
- ✓ Р-0,5 (растяжение-сжатие стальной пружины);
- ✓ Р-10 (растяжение-сжатие, скалывание древесины);
- ✓ КМ-50-1 (закон Гука при кручении [без разрушения], сталь);
- ✓ Машина Амслера (кручение образцов из стали и чугуна до разрушения);
- ✓ ИМ-4Р (срез нагеля, смятие-сжатие древесины);
- ✓ ТШ-2 (определение твёрдости по Бринеллю);
- ✓ ТК-2М (определение твёрдости по Роквеллу).

## **10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ (РЕКОМЕНДАЦИИ) ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

По дисциплине «Строительная механика» читаются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Большое значение по закреплению и совершенствованию знаний имеет самостоятельная работа студентов. Информацию о всех видах самостоятельной работы студенты получают на занятиях.

Контроль усвоения материала дисциплины производится путем зачета/экзамена. Экзамен проводится в форме тестирования или в письменной форме. Аспирант получает экзаменационную оценку в зависимости от процента правильных ответов при тестировании или от полноты ответа на вопросы экзаменационного билета при письменной форме экзамена.

<b>Вид учебных занятий</b>	<b>Деятельность студента</b>
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практическом занятии.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: <ul style="list-style-type: none"> <li>- работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций;</li> <li>- выполнение домашних заданий и расчетов;</li> <li>- работа над темами для самостоятельного изучения;</li> <li>- участие в работе научных конференций;</li> <li>- подготовка к промежуточной аттестации;</li> <li>- подготовка к текущей аттестации.</li> </ul>
Подготовка к экзамену (зачету)	При подготовке к экзамену (зачету) необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу и решение задач на практических занятиях.