

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Смоленский государственный университет»

Кафедра физики и технических дисциплин

«Утверждаю»  
Проректор по учебно-  
методической работе  
\_\_\_\_\_ Устименко Ю.А.  
«03» сентября 2020 г.

**Рабочая программа дисциплины  
Б1.О.03.05 Техническая механика**

Направление подготовки: **07.03.03 Дизайн архитектурной среды**  
Направленность (профиль): **Комплексное проектирование архитектурно-пространственной среды**  
Форма обучения: очная  
Курс – 2  
Семестр – 3, 4  
Всего зачетных единиц – 5 часов –180  
Форма отчетности: зачет – 3 семестр, экзамен – 4 семестр

Программу разработал  
старший преподаватель, И.М. Семенкович

Одобрена на заседании кафедры  
«26» августа 2020 г., протокол № 1

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ А.В. Дюндин

Смоленск  
2020

## 1. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина «Техническая механика» включена в обязательную часть раздела «Дисциплины (модули)» учебного плана направления подготовки 07.03.03 Дизайн архитектурной среды (профиль «Комплексное проектирование архитектурно-пространственной среды»). Она изучается в 3 и 4 семестре и является основой для изучения дисциплин «Конструкции в архитектуре и дизайне», «Инженерно-технологическое обеспечение архитектурно-дизайнерских решений», «Современные строительные технологии». Для успешного освоения данной дисциплины необходимы компетенции студентов, сформированные при изучении дисциплин «Физика» и «Математика».

Изучение курса основано на традиционных методах высшей школы, тесной взаимосвязи со смежными курсами, а также на использовании современной учебной, методической литературы, информационных и образовательных технологий.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индикаторы достижения
<b>ОПК-4.</b> Способен применять методики определения технических параметров проектируемых объектов	<b>Знать:</b> объемно- пространственные и технико- экономические требования к основным типам средовых объектов и комплексов, включая требования, определяемые функциональным назначением проектируемого объекта и особенностями участка застройки, а также требования обеспечения безбарьерной среды жизнедеятельности, основы проектирования конструктивных решений объектов архитектурной среды, основы проектирования средовых составляющих архитектурно-дизайнерских объектов и комплексов, включая, освещение, микроклимат, акустику, в том числе с учетом потребностей маломобильных групп граждан и лиц с ОВЗ, основные строительные материалы, изделия и конструкции, облицовочные материалы, их технические, технологические, эстетические и эксплуатационные характеристики, основные технологии производства строительных и монтажных работ, методики проведения технико-экономических расчётов проектных решений. <b>Уметь:</b> выполнять сводный анализ исходных данных, данных задания на проектирование средовых объектов и комплексов, и их наполнения и данных задания на разработку проектной документации, проводить поиск проектного решения в соответствии с особенностями проектируемого объекта архитектурной среды, проводить расчёт технико-экономических показателей предлагаемого проектного решения. <b>Владеть:</b> методикой выполнения сводного анализа исходных данных, данных задания на проектирование, данных задания на разработку проектной документации, приемами организации поиска проектного решения в соответствии с особенностями проектируемого объекта архитектурной среды, техникой проведения расчётов технико-экономических показателей предлагаемого проектного решения.

## 3. Содержание дисциплины

- 1. Основы теоретической механики (статика).** Основные понятия и аксиомы статики. Связи и реакции. Принцип освобожденности от связей. Равновесие трех непараллельных сил на плоскости. Плоская сходящаяся система сил. Сложение сил. Пара сил и момент пары. Момент силы относительно точки. Теоремы о паре сил. Теорема Пуансо. Приведение

системы сил к центру. Теорема Вариньона. Условия равновесия системы сил. Центр тяжести фигуры. Система сил в пространстве. Равновесие составной конструкции.

2. **Сопротивление материалов.** Основные гипотезы и допущения сопротивления материалов. Внутренние силы. Понятие о напряжении. Нормальные напряжения при растяжении. Закон Гука. Диаграмма растяжения. Напряжения по косым площадкам. Напряжения при сдвиге. Закон парности напряжений. Изгиб прямого бруса. Эпюры внутренних усилий. Напряжения при изгибе. Геометрические характеристики сечений. Моменты инерции. Расчет на прочность при изгибе. Главные оси и главные моменты инерции. Главные напряжения. Изогнутая ось бруса. Уравнение оси. Кручение. Гипотезы прочности. Устойчивость сжатых стержней. Критическая сила.
3. **Строительная механика.** Предмет и задачи строительной механики. Расчетная схема сооружения. Кинематический и статический анализ сооружений. Геометрическая неизменяемость и статическая определимость. Балки. Многопролетные балки, принципы расчета балок. Линии влияния. Арки и их расчет. Арка рационального сечения. Фермы и их расчет. Расчет статически определимых рам. Упругие системы. Перемещение элементов схем под нагрузкой. Теоремы о взаимности. Интеграл Мора. Способ Верещагина. Статически неопределимые системы. Принципы расчета статически неопределимых систем. Расчет плоской рамы методом сил. Общие принципы метода перемещений. Основы метода конечных элементов. Реализация МКЭ в программных комплексах.

#### 4. Тематический план

№ п/п	Разделы и темы	Всего часов	Формы занятий				
			лекции	семинары	практические занятия	лабораторные занятия	самостоятельная работа
Семестр 3							
1	Основные понятия и аксиомы статики	9	2	–	4	–	3
2	Равновесие системы сил	11	4	–	4	–	3
3	Центральное растяжение и сжатие	12	2	–	6	–	4
4	Сдвиг и кручение	8	2	–	4	–	2
5	Изгиб	16	2	–	8	–	6
6	Сложное сопротивление	8	2	–	4	–	2
7	Устойчивость сжатых стержней	8	2	–	4	–	2
	<b>Всего за семестр</b>	<b>72</b>	<b>16</b>	–	<b>34</b>	–	<b>22</b>
Семестр 4							
8	Расчёт статически определимых конструкций	36	8	–	16	–	12
9	Перемещения в упругих системах	16	2	–	6	–	8
10	Расчёт статически неопределимых конструкций	29	6	–	12	–	11
	Экзамен	27	–	–	–	–	27
	<b>Всего за семестр</b>	<b>108</b>	<b>16</b>	–	<b>34</b>	–	<b>58</b>
	<b>Итого</b>	<b>180</b>	<b>32</b>	–	<b>68</b>	–	<b>80</b>

## 5. Виды образовательной деятельности

Лекции

3 семестр

1. Основные понятия и аксиомы статики (2 часа).
2. Равновесие системы сходящихся сил (2 часа).
3. Равновесие плоской составной конструкции (2 часа).
4. Основные гипотезы и допущения сопротивления материалов (2 часа).
5. Сдвиг и кручение (2 часа).
6. Изгиб прямого бруса (2 часа).
7. Внецентренное растяжение и сжатие (2 часа).
8. Устойчивость сжатого стержня (2 часа).

4 семестр

1. Расчет балок (2 часа).
2. Расчет фермы (2 часа).
3. Расчет рамы (2 часа).
4. Расчет арки (2 часа).
5. Перемещения в упругих системах (2 часа).
6. Расчет статически неопределимых систем на действие заданной нагрузки методом сил (2 часа).
7. Основы расчета статически неопределимых систем методом перемещений (2 часа).
8. Метод конечных элементов (2 часа).

## Практические занятия

3 семестр

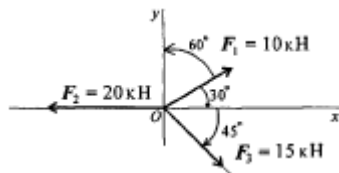
### 1. Сложение и разложение сил. Система сходящихся сил.

Теоретические вопросы:

1. Аналитический и геометрический методы сложения сил.
2. Силовой многоугольник и его применение.

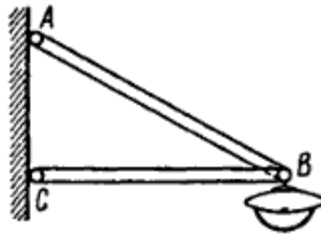
Задачи для решения на занятии:

1. Определите равнодействующую плоской системы сил, изображенной на рисунке.

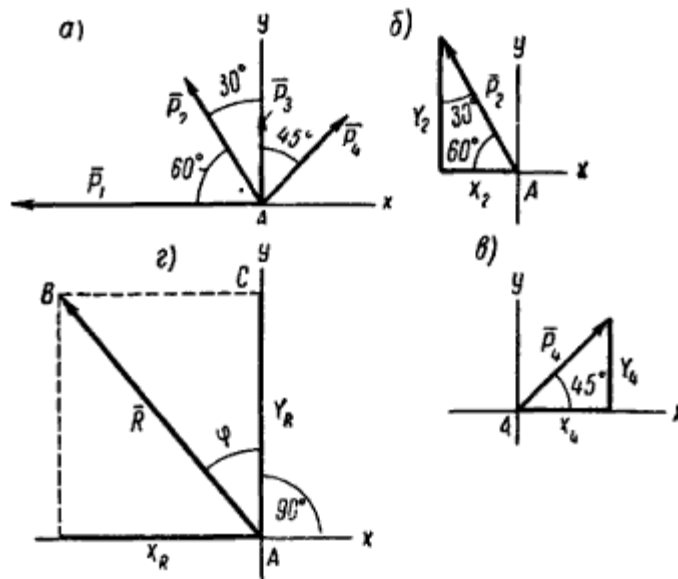


2. Определите угол между силой и осями координат, если ее модуль равен 30 кН, а проекция на ось Oх равна -21 кН. Выполните рисунок.
3. Фонарь весом 80 Н подвешен на кронштейне ABC, укрепленном на вертикальной стене. Определить усилия, возникшие в горизонтальном стержне СВ и наклонной

тяге АВ после подвески фонаря, если  $CB=1$  м и  $AB=1,2$  м. Соединения в точках А, В и С кронштейна – шарнирные.



4. Определить равнодействующую четырех сил:  $P_1=18$  кН,  $P_2=10$  кН,  $P_3=6$  кН и  $P_4=8$  кН, приложенных к одной точке А и направленных, как показано на рис.



Задачи для самостоятельного решения:

1. Стержни АВ и ВС соединены шарнирно между собой и с неподвижным основанием. На узел В действует сила тяжести некоторого груза  $G=100$  Н. Угол  $\alpha=30^\circ$ . Определите силы, действующие со стороны стержней на узел.



2. Между высокими стенами необходимо временно подвесить некоторый груз весом  $140$  кН на одинаковом расстоянии по  $1$  м от стен и на высоте  $1$  м от горизонтального пола. Имеются два куска каната по несколько метров длины каждый. Один из канатов с учетом безопасности подвески можно нагрузить усилием не более  $70$  кН, а второй – усилием не более  $100$  кН. На какой высоте над полом необходимо укрепить концы канатов, чтобы после подвески к ним груза в заданном положении усилия в канатах не превышали допускаемых  $70$  и  $100$  кН?

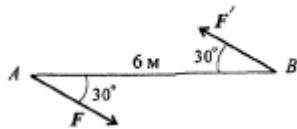
## 2. Момент силы. Приведение системы сил к простейшему виду.

Теоретические вопросы:

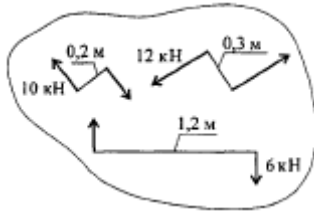
1. Момент силы. Правило знаков.
2. Пара сил и ее момент.
3. Приведение системы сил к простейшему виду.
4. Теорема Пуансо о переносе сил.
5. Выбор точки приведения системы сил. Равнодействующая системы сил.

Задачи для решения на занятии:

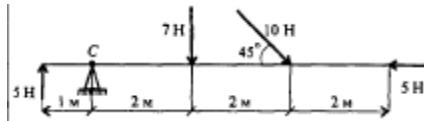
1. Определите момент пары сил, изображенных на рисунке. Модули сил равны 5 кН.



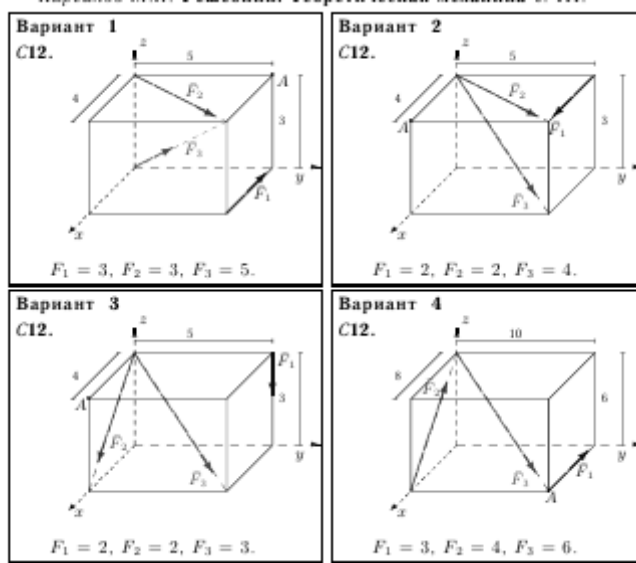
2. Определите результирующий момент системы пар сил, изображенной на рисунке.



3. Определите сумму моментов сил относительно точки С.

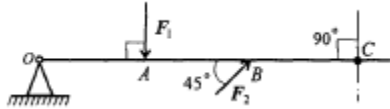


4. Систему трех сил, приложенных к вершинам параллелепипеда, привести к началу координат. Найти координаты точки пересечения центральной винтовой оси с плоскостью  $xOy$ . Размеры на рисунках даны в м, силы в – Н.



Задачи для самостоятельного решения:

1. Замените пару сил 42 кН с плечом 2 м эквивалентной парой с плечом 0,7 м.
2. Какую силу и в каком направлении необходимо приложить в точке С, чтобы изображенная на рисунке система находилась в равновесии?  $OA=AB=BC=5\text{ м}$ , силы равны 7,8 кН и 3 кН соответственно.



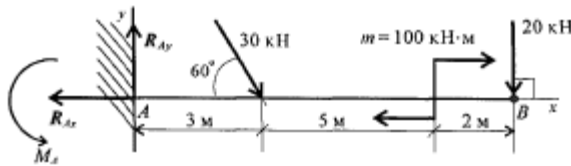
### 3. Равновесие произвольной плоской системы сил.

Теоретические вопросы:

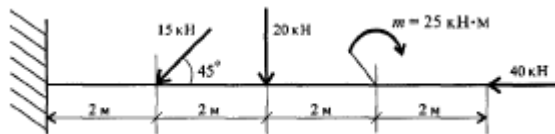
1. Условия равновесия.
2. Определение опорных реакций с помощью условий равновесия.
3. Опоры и их реакции.
4. Условия равновесия плоской конструкции.
5. Запись условий равновесия конструкции, выбор осей.
6. Шарнирные конструкции и упрощение расчета их опорных реакций.
7. Выбор точки приведения системы сил. Равнодействующая системы сил.

Задачи для решения на занятии:

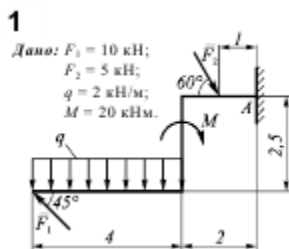
1. Определите реакцию жесткой заделки для балки, изображенной на рисунке.



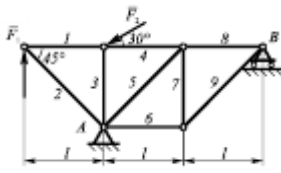
2. Определите изгибающий момент в жесткой заделке балки, изображенной на рисунке.



3. Определите реакции связей конструкции, изображенной на рисунке.

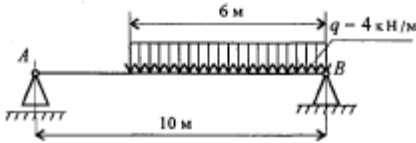


4. Рассчитайте реакции связей фермы, изображенной на рисунке. Значения сил равны 10 кН и 20 кН соответственно.

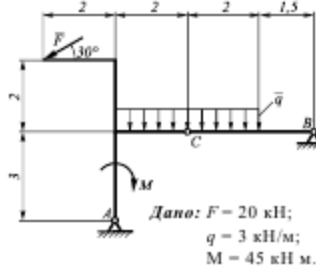


Задачи для самостоятельного решения:

1. Выполните расчет опорных реакций для балки, изображенной на рисунке.



2. Рассчитайте реакции опор шарнирной рамы, изображенной на рисунке.



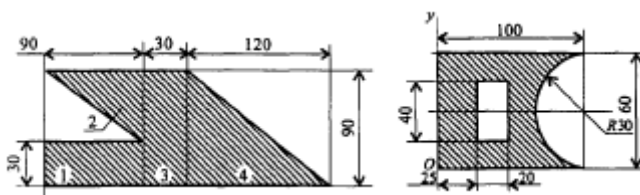
#### 4. Центр тяжести фигуры.

Теоретические вопросы:

1. Положение центра масс тела.
2. Методы определения центра масс.
3. Центры тяжести простейших тел.
4. Определение положения центра тяжести составного сечения.

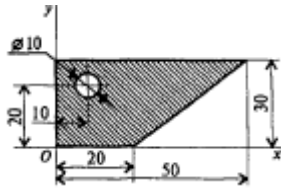
Задачи для решения на занятии:

1. Определите положение центра масс системы, состоящей из двух шаров массами 3 кг и 9 кг, расположенными на расстоянии 12 м один от другого. Как изменится положение центра масс, если шары соединить стержнем массой 10 кг?
2. Определите положение центра тяжести произвольного треугольника.
3. Определите положение центра тяжести фигур, изображенных на рисунке:



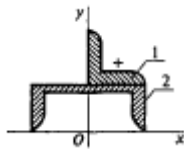


4. Вычислите координаты центра тяжести составной конструкции, изображенной на рисунке



Задачи для самостоятельного решения:

1. Определите положение центра тяжести половины окружности (относительно ее центра).
2. Определите координаты центра тяжести фигуры, образованной из уголка 70x70 x5 (1) и двутавра №20 (2). Данные для расчета возьмите из справочных пособий.



## 5. Расчет стержня постоянного сечения.

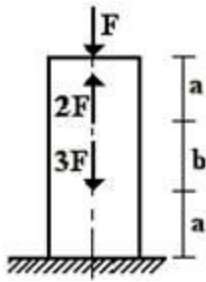
Теоретические вопросы:

1. Закон Гука. Механическое напряжение.
2. Метод сечений. Расчет продольной силы в стержне.
3. Построение эпюр продольных сил и напряжений.
4. Определение удлинения стержня.

Задачи для решения на занятии:

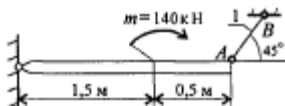
1. Определите площадь поперечного сечения стального стержня, сжатого силой 70 кН. Определите удлинение стержня, если его первоначальная длина 2 м. Предельное значение механического напряжения 260 МПа, запас прочности 2.
2. Для стержня из задачи 1 определите линейные размеры сечения для двух случаев: 1) стержень в виде квадратной трубы с толщиной стенки 4 мм; 2) стержень в виде 2-х уголков с толщиной стенки 5 мм.
3. Для стального стержня круглого поперечного сечения диаметром D требуется:
  - 1) построить эпюры продольной силы;
  - 2) определить грузоподъемность стержня, если  $[\sigma] = 240$  МПа;
  - 3) определить полное удлинение стержня, если  $E = 2 \cdot 10^5$  МПа.

D, м	a, м	b, м	F, кН
0,01	1	1,1	12



Задачи для самостоятельного решения:

1. Груз подвешен на стержне АВ и находится в равновесии. Подберите сечение для стержня в форме швеллера из стали с предельным механическим напряжением 160 МПа. Данные для расчета приведены на рисунке.



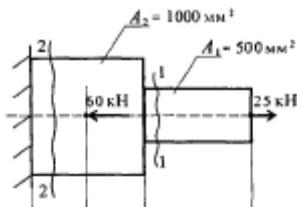
## 6. Расчет стержня переменного сечения.

Теоретические вопросы:

1. Метод сечений. Расчет напряжения при переменном сечении.
2. Построение эпюр продольных сил и напряжений для переменных сечений.
3. Расчет стержня на прочность. Коэффициенты запаса.

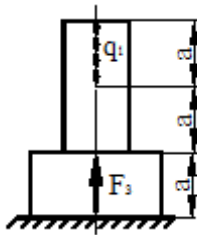
Задачи для решения на занятии:

1. Определите перемещение свободного конца бруса, изображенного на рисунке.



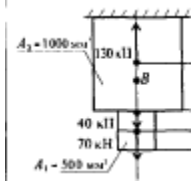
2. Для вертикального стержня, имеющего жесткую заделку на одном из концов, изображенного на рис. необходимо:
  - 1) Вычертить схему в произвольном масштабе.
  - 2) Определить значения нормальной силы на каждом участке стержня.
  - 3) Построить эпюру нормальной силы.
  - 4) Определить удлинение стержня.

a, м	q <sub>1</sub> =q <sub>3</sub> , кН/м	q <sub>2</sub> , кН/м	F <sub>1</sub> , кН	F <sub>2</sub> , кН	F <sub>3</sub> , кН
0,8	5	30	10	35	10



Задачи для самостоятельного решения:

1. Проверить прочность изображенного на рисунке бруса, если допустимое механическое напряжение его материала составляет 160 МПа. Выполните построение эпюр продольных сил и механических напряжений.



## 7. Расчет простой стержневой системы.

Теоретические вопросы:

1. Общие принципы расчета стержневых систем.
2. Равновесие элементов конструкций.

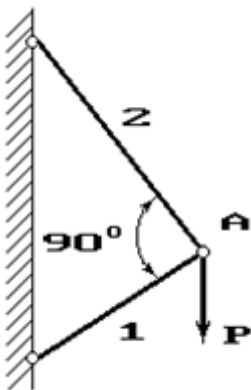
Задачи для решения на занятии:

1. Два стальных (1 и 2) стержня, шарнирно соединенных в точке А, находятся под действием силы Р. Первый стержень имеет длину с и площадь поперечного сечения А, второй - длину а и площадь – 2А.

1) Найти величину нормальных напряжений, действующих в стержнях.

2) Найти абсолютную и относительную деформации стержней.

A, см <sup>2</sup>	a, м	c, м	P, кН
11	2	2,1	100

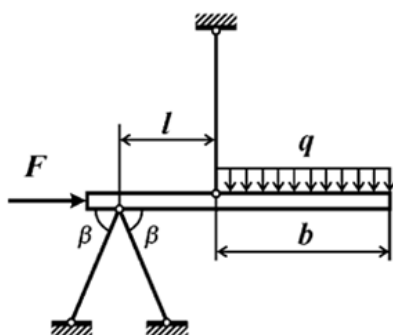


2. Для плоской шарнирно-стержневой системы, состоящей из трех деформируемых стержней и абсолютно жесткого тела, требуется:

1. Определить усилия в деформируемых стержнях (в долях  $ql$ );
2. Из расчета на прочность найти площади поперечных сечений стержней;
3. Учитывая, что каждый стержень фермы состоит из двух одинаковых равнополочных уголков, подобрать по ГОСТ 8509-72, соответствующий номер профиля.

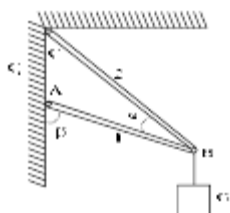
Дано: материал – Сталь 5;  $[n] = 1,4$ ;  $l = 50$  см;  $q = 200$  кН/м,  $\sigma_T = 280$  МПа.

$b/l$	$\beta$ , град	$F/ql$
1,0	30	1,0



Задачи для самостоятельного решения:

1. Определите усилия в стержнях системы, если вес груза равен 20 кН, а углы соответственно  $60^\circ$  и  $50^\circ$ . Определите сечение стержней, считая механическое напряжение равным 280 МПа, а коэффициент запаса равным 5.



## 8. Расчет вала на кручение.

Теоретические вопросы:

1. Напряжения при кручении.
2. Расчет напряжений при кручении вала переменного сечения.

Задачи для решения на занятии:

1. К ступенчатому валу, состоящему из участков с круглым и кольцевым поперечным сечением, приложены пары сил моментами  $M$  и  $M_1$ .

Требуется определить из условия жесткости неизвестные размеры вала, округлить его величину до ближайшей большей, соответственно равной: 30, 35, 40,45, 50, 60, 70, 80, 90, 100 мм и вычислить максимальный угол поворота поперечного сечения вала (в град). Для этого необходимо:

- 1) построить эпюру крутящего момента в долях  $M$ ;

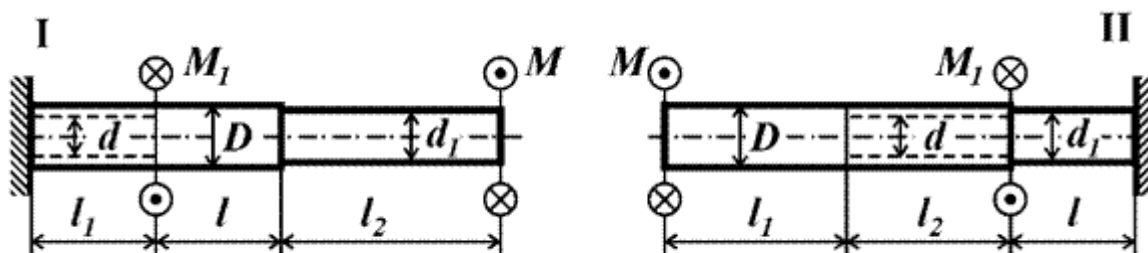
2) построить эпюру максимальных (для каждого типа поперечного сечения) касательных напряжений (в долях  $M/D^3$ ) и изобразить распределение касательных напряжений по поперечному сечению на каждом участке стержня;

3) построить эпюру относительных (в долях  $M/GD^4$ ) и абсолютных (в долях  $M/GD^4$ ) углов закручивания;

4) найти запас прочности вала.

Дано:  $M=4,0$  кНм;  $l=25$  см;  $[\theta]=3$  град/м; материал Сталь 20,  $\tau_1=160$  МПа.

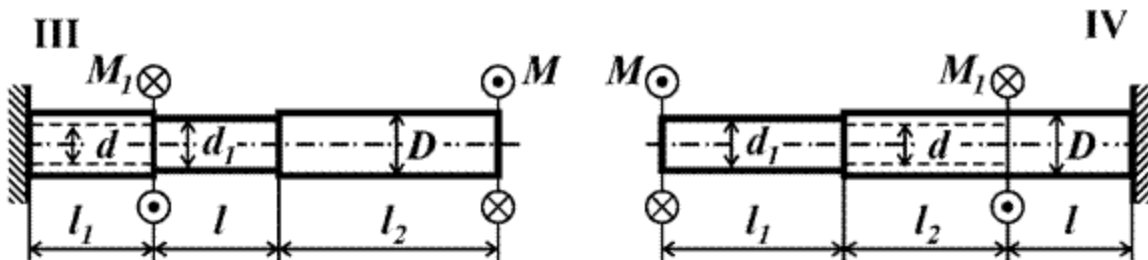
Схема	$l_1/l$	$l_2/l$	$d/D$	$d_1/D$	$M_1/M$
I	1,0	3,0	0,90	0,95	1,5
II	2,0	1,0	0,80	0,85	2,0



Задачи для самостоятельного решения:

1. Рассчитать валы.

Схема	$l_1/l$	$l_2/l$	$d/D$	$d_1/D$	$M_1/M$
III	3,0	1,0	0,60	0,65	1,5
IV	1,0	2,0	0,65	0,70	1,5



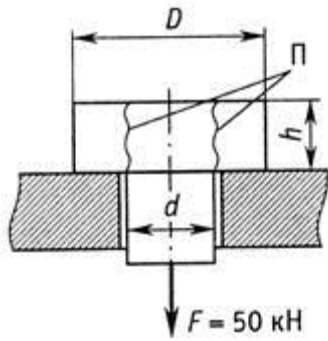
## 9. Расчет стержня на срез.

Теоретические вопросы:

1. Деформация сдвига. Напряжение при сдвиге.
2. Срез и смятие. Работа болтов.

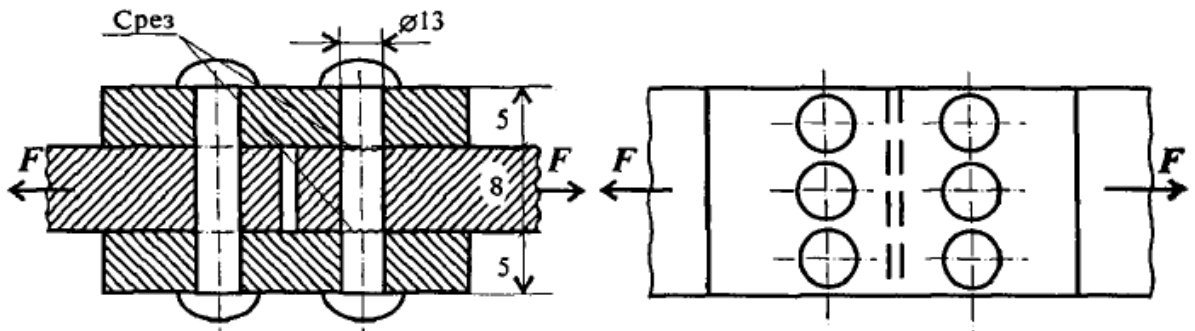
Задачи для решения на занятии:

1. Определить из условия прочности размеры стержня при допускаемых напряжениях при растяжении  $[\sigma] = 160$  МПа, срезе  $[\tau] = 80$  МПа и смятии  $[\sigma_{см}] = 170$  МПа.



Задачи для самостоятельного решения:

1. Проверить прочность заклепочного соединения на срез и смятие. Нагрузка на соединение 60 кН,  $[\tau_s]=100$  МПа,  $[\sigma_{см}]=240$  МПа.



## 10. Геометрические характеристики составных сечений.

Теоретические вопросы:

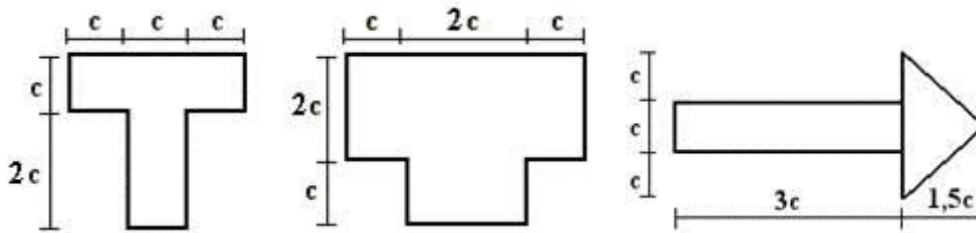
1. Момент инерции сечения.
2. Момент инерции составного сечения.

Задачи для решения на занятии:

1. Рассчитайте моменты инерции прямоугольного сечения для осей  $OX$  и  $OY$ , проходящих через его центр тяжести.
2. Рассчитайте полярный момент инерции для круга. Укажите его связь с осевыми моментами инерции.
3. Пользуясь условиями предыдущей задачи, определите полярный момент инерции для кольца.
4. Для задач 1-3 выполните расчет моментов сопротивления сечения.
5. Для сечения, изображенного на рис. требуется:
  - 1) вычертить сечение в масштабе и показать основные размеры в числах.
  - 2) определить положение центра тяжести и указать положение главных центральных осей.
  - 3) вычислить величину главных моментов инерции и моментов сопротивления сечения.
  - 4) определить главные радиусы инерции сечения.

Схема сечения	$c$ , м
1	0,1

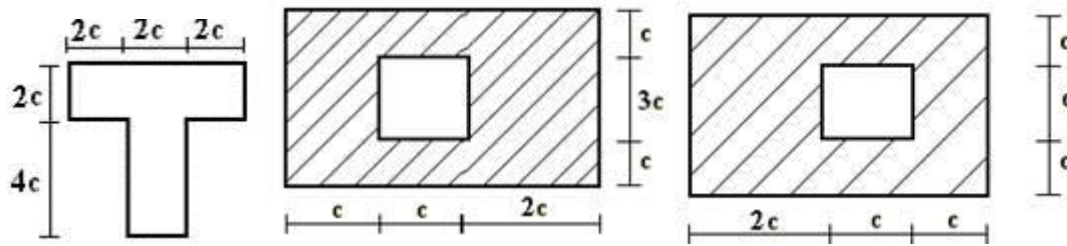
2	0,15
3	0,2



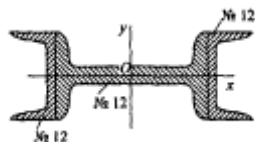
Задачи для самостоятельного решения:

1. Рассчитать характеристики сечений.

Схема сечения	$c$ , м
1	0,25
2	0,3
3	0,1



2. Пользуясь необходимыми справочными материалами, определите главные центральные моменты инерции изображенного на рисунке сечения.



## 11. Определение внутренних усилий в балке.

Теоретические вопросы:

1. Метод сечений. Расчет и построение эпюр.
2. Определение прогибов.

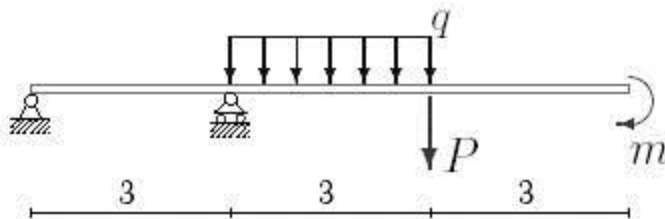
Задачи для решения на занятии:

1. Определите максимальное значение изгибающего момента для статически определимой балки, нагруженной:
  - а) сосредоточенной силой в центре пролета;
  - б) распределенной силой по всему пролету;
  - в) равными сосредоточенными силами, удаленными на треть длины балки от краев.

Укажите положение максимального момента на балке. Выполните построение эпюр момента и поперечных сил.

2. Для балки, изображенной на рисунке, требуется: а) изобразить эпюры внутренних силовых факторов; б) указать положение опасного сечения; в) определить прогиб балки в точке приложения сосредоточенной силы.

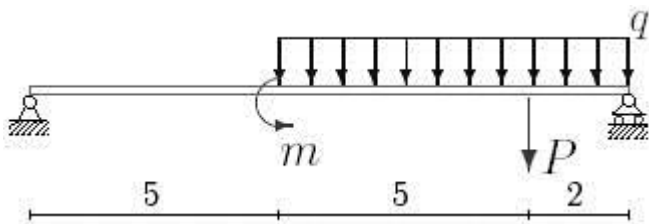
P, кН	m, кНм	q, кН/м
6	20	28



Задачи для самостоятельного решения:

1. Для балки, изображенной на рисунке, требуется: а) изобразить эпюры внутренних силовых факторов; б) указать положение опасного сечения; в) определить прогиб балки в точке приложения сосредоточенной силы.

P, кН	m, кНм	q, кН/м
3	20	12



## 12. Подбор сечения балки.

Теоретические вопросы:

1. Связь изгибающего момента с механическим напряжением.
2. Подбор сечения балки.

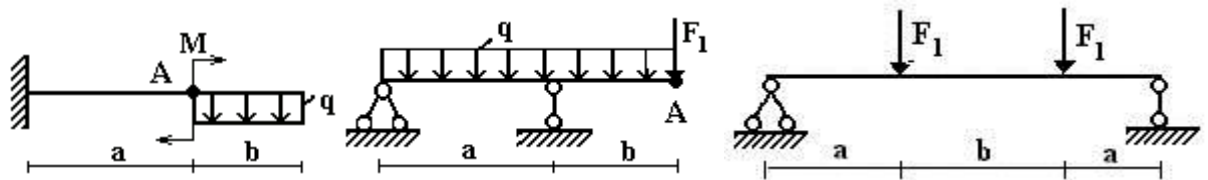
Задачи для решения на занятии:

1. Для балок, изображенных на схемах 1 – 3, требуется:

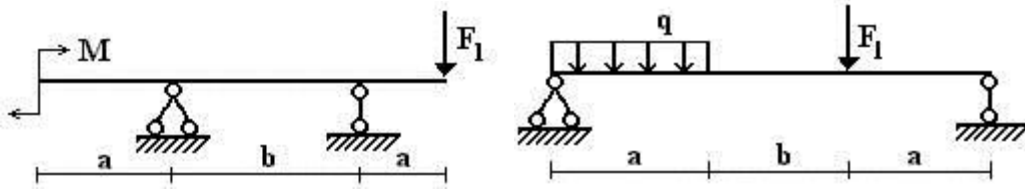
- 1) построить эпюры внутренних усилий;
- 2) указать положение опасного сечения.
- 3) для деревянной балки, изображенной на схеме 1, подобрать размеры квадратного поперечного сечения из условия прочности, если  $[\sigma] = 16 \text{ МПа}$ ;
- 4) для стальной двутавровой балки, изображенной на схеме 2, подобрать номер прокатного профиля из условия прочности.

$F_1$ , см <sup>2</sup>	a, м	b, м	M, кНм	q, кН/м
12	1	2	24	5





Задачи для самостоятельного решения:



### 13. Определение грузоподъемности балки.

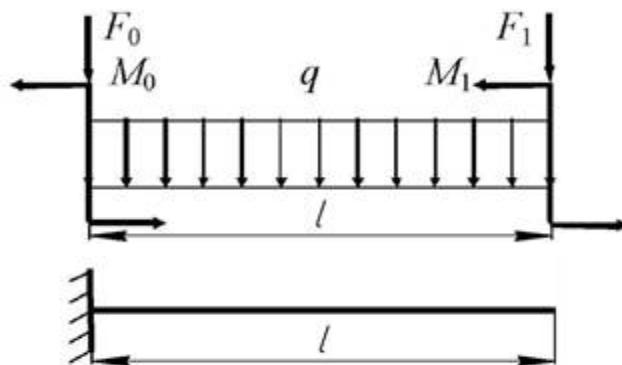
Теоретические вопросы:

1. Прогиб и грузоподъемность балки.
2. Определение грузоподъемности.

Задачи для решения на занятии:

1. Нарисуйте схему балки, считая, что нагрузка  $q$  всегда направлена вниз, а направления  $F_i$  и  $M_i$  зависят от данных. (Отрицательные значения  $F_i/ql$  и  $M_i/ql^2$  означают, что нагрузки  $F_i$  и  $M_i$  должны быть направлены в сторону, противоположную показанной на рисунке)
2. Найдите опорные реакции и постройте в масштабе эпюры распределения внутренних усилий  $Q$  и  $M$  по длине балки, выразив характерные ординаты через неизвестную нагрузку  $q$ .
3. Нарисуйте фасад балки и эпюры распределения нормальных и касательных напряжений по высоте сечения. На фасаде покажите опасные точки.
4. Из условия прочности опасной точки, в которой действуют максимальные нормальные напряжения, найдите допустимое значение нагрузки  $q$  [кН/м].  $[\sigma]=100$  МПа.
5. Проверьте, выполняется ли условие прочности в точке с максимальными касательными напряжениями. Если оно не выполняется, то заново найдите значение допустимой нагрузки.

$l, \text{ м}$	Сечение	$b, \text{ см}$	$F_0/ql$	$F_1/ql$	$M_0/ql^2$	$M_1/ql^2$
0,5	Квадрат	6	0	0	1	2



Задачи для самостоятельного решения:

Произвести аналогичный расчет для балки:

$l, \text{ м}$	Сечение	$r, \text{ см}$	$F_0/ql$	$F_1/ql$	$M_0/ql^2$	$M_1/ql^2$
1,0	Круг	6	0	0	-1	2

#### 14. Косой изгиб стержня.

Теоретические вопросы:

1. Нейтральная линия и ее положение.
2. Напряжение при косом изгибе.

Задачи для решения на занятии:

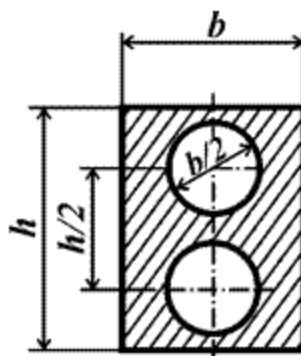
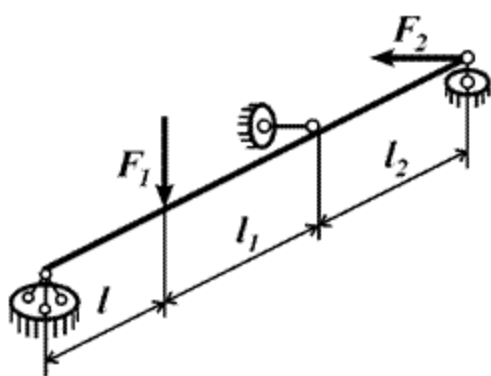
1. Стальная балка нагружена силами  $F_1$  и  $F_2$ .

Требуется:

1. для опасного поперечного сечения балки определить положение нейтральной линии;
2. из расчета на прочность по наибольшим напряжениям определить допустимое значение параметра нагрузки  $P$ .

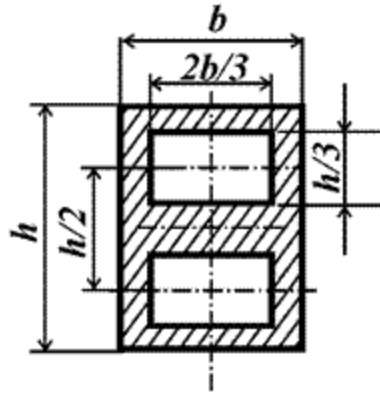
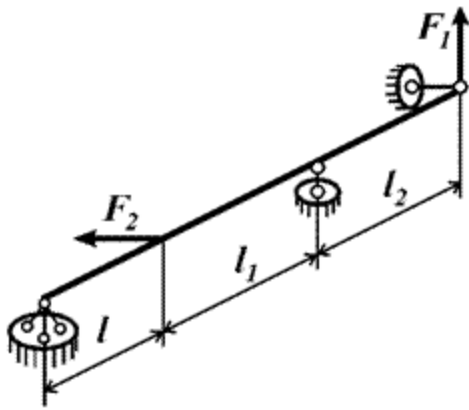
Принять:  $l=50 \text{ см}$ ,  $[n]=2,0$ ,  $\sigma_T$  для каждой марки стали брать по справочным данным.

$l_1/l$	$l_2/l$	$t, \text{ мм}$	$h/t$	$b/t$	$F_1/P$	$F_2/P$	Материал
2	1	9	6	4	2	-2	Сталь 3



Задачи для самостоятельного решения:

$l_1/l$	$l_2/l$	$t, \text{ мм}$	$h/t$	$b/t$	$F_1/P$	$F_2/P$	Материал
1	2	8	5	3	-3	-1	Сталь 20



### 15. Внецентренное сжатие стержня.

Теоретические вопросы:

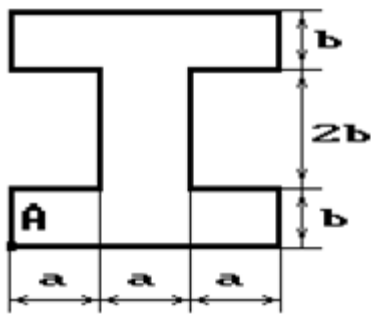
1. Напряжение при внецентренном сжатии.
2. Эксцентриситет нагрузки.

Задачи для решения на занятии:

1. Чугунный короткий стержень, поперечное сечение которого изображено на рис., сжимается силой  $P$ , приложенной внецентренно в точке  $A$ . Требуется:

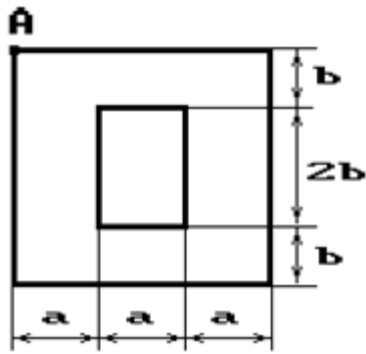
- 1) вычислить наибольшее растягивающее и наибольшее сжимающее напряжения в поперечном сечении, выразив величины этих напряжений через  $P$  и размеры сечения;
- 2) найти допускаемую нагрузку  $P$  при заданных размерах сечения и допускаемых напряжениях для чугуна на сжатие  $[\sigma]_c$  и на растяжение  $[\sigma]_p$ .

a, см	b, см	$[\sigma]_c$ , мПа	$[\sigma]_p$ , мПа
2	2	120	22



Задачи для самостоятельного решения:

a, см	b, см	$[\sigma]_c$ , мПа	$[\sigma]_p$ , мПа
6	6	110	21



### 16. Определение критической и допускаемой нагрузки.

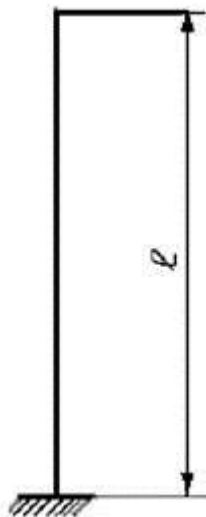
Теоретические вопросы:

1. Устойчивость сжатого стержня.
2. Критическая сила и допускаемая нагрузка.

Задачи для решения на занятии:

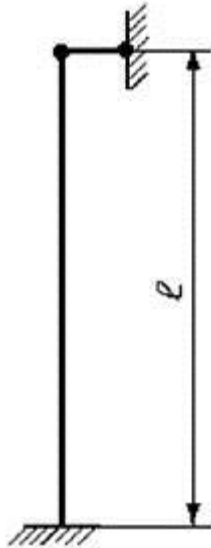
1. Для стальной колонны с заданными длиной  $l$ , опорными закреплениями и типом поперечного сечения требуется:
  1. Определить величину критической силы.
  2. Определить величину допускаемой нагрузки, используя коэффициент понижения основного допускаемого напряжения и приняв для стали Ст 5  $[\sigma] = 150$  МПа.
  3. Рассчитать коэффициент запаса устойчивости.

$l, м$	$C \times 10^3, м$	$d \times 10^3, м$	$F, кН$	Двутавр	Швеллер	Неравнобокий уголок, мм	Равнобокий уголок, мм
2,5	1,2	8	330	10	6,5	70x45x5	50x50x4



Задачи для самостоятельного решения:

$l, м$	$C \times 10^3, м$	$d \times 10^3, м$	$F, кН$	Двутавр	Швеллер	Неравнобокий уголок, мм	Равнобокий уголок, мм
3,0	2,0	10	400	10	5	75x50x6	70x70x5



### 17. Расчет сжато-изогнутого стержня.

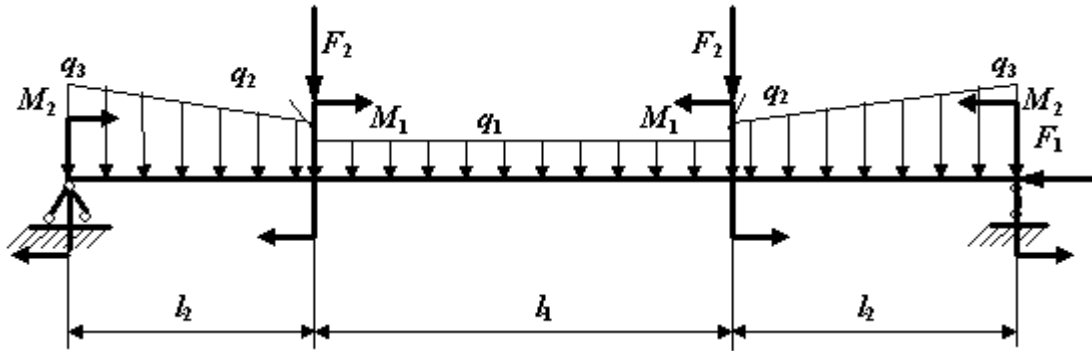
Теоретические вопросы:

1. Расчет напряжений при сложной деформации.
2. Расчет прочности по предельным состояниям.

Задачи для решения на занятии:

1. Постройте эпюру изгибающих моментов от действия поперечной нагрузки.
2. Подберите размер сечения из условия прочности, учитывая только нормальные напряжения от поперечной нагрузки.
3. Проверьте прочность стержня расчетом по недеформируемому состоянию с учетом продольной силы.
4. Выполните проверку условия жесткости стержня расчетом по недеформируемому состоянию. Если условие жесткости не выполняется, измените размеры сечения.
5. Проверьте прочность и жесткость стержня расчетом по деформированному состоянию. При невыполнении одного из условий размеры сечения необходимо увеличить и выполнить проверку заново.
6. Выполните проверку условия устойчивости стержня в направлении наименьшей жесткости. Если условие устойчивости не будет выполняться, измените размеры сечения. Для сечений из двух двутавров (швеллеров) можно в этом случае, не изменяя размера, увеличить расстояние между двутаврами (швеллерами). Если изменение размера сечения невозможно, уменьшите расчетную длину стержня путем установки в направлении наименьшей жесткости дополнительных связей.

$q_1$ , кН/м	$q_2$ , кН/м	$q_3$ , кН/м	$F_2$ , кН	Форма сечения	$F_1$ , кН	$l_1$ , м	$M_1$ , кНм	$M_2$ , кНм	$l_2$ , м
4	0	0	0	Двутавр	100	3	10	0	1



Задачи для самостоятельного решения:

$q_1$ , кН/м	$q_2$ , кН/м	$q_3$ , кН/м	$F_2$ , кН	Форма сечения	$F_1$ , кН	$l_1$ , м	$M_1$ , кНм	$M_2$ , кНм	$l_2$ , м
2	0	0	20	Квадрат	80	2	0	20	1

4 семестр

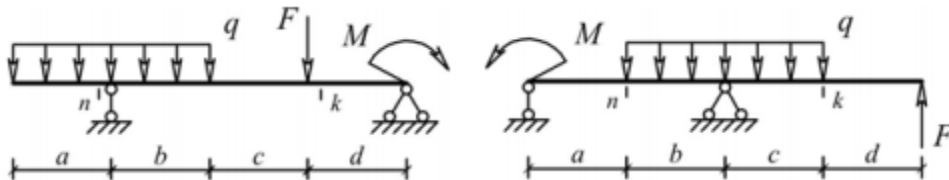
### 1. Расчет многопролетной балки.

Теоретические вопросы:

1. Разбиение балки на основную и присоединенные системы.
2. Учет влияния шарниров при построении эпюр.

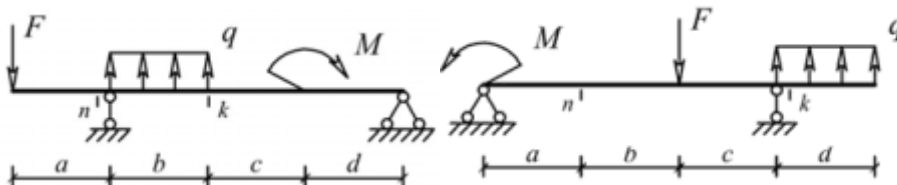
Задачи для решения на занятии:

1. Выполните расчет следующих многопролетных балок. Данные для расчета в таблице.



a, м	b, м	c, м	d, м	F, кН	q, кН/м	M, кН·м
2	3	4	2	4	2	6
3	4	3	4	5	1	5

Задачи для самостоятельного решения:



a, м	b, м	c, м	d, м	F, кН	q, кН/м	M, кН·м
3	3	2	1	14	2	16
1	2	3	4	7	3	15

## 2. Построение линий влияния в балке.

Теоретические вопросы:

1. Линии влияния и их построение.
2. Геометрические методы построения линий влияния.

Задачи для решения на занятии:

1. Построить линии влияния от перемещения сосредоточенной нагрузки для балок, рассмотренных на первом занятии.

Задачи для самостоятельного решения:

1. Построить линии влияния в отмеченных сечениях для балок из заданий для самостоятельного решения для первого занятия.

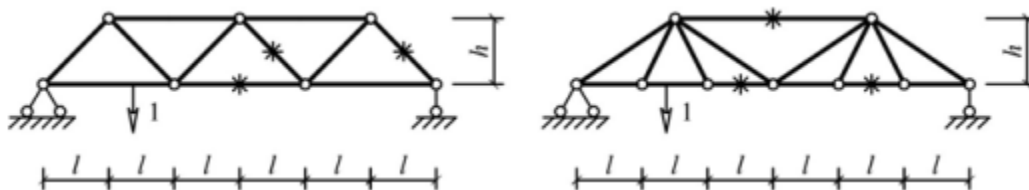
## 3. Расчет фермы методом вырезания узлов.

Теоретические вопросы:

1. Ферма и ее основные элементы.
2. Расчет фермы методом вырезания узлов.

Задачи для решения на занятии:

1. Выполнить расчет фермы методом вырезания узлов. Данные для расчета приведены в таблице.

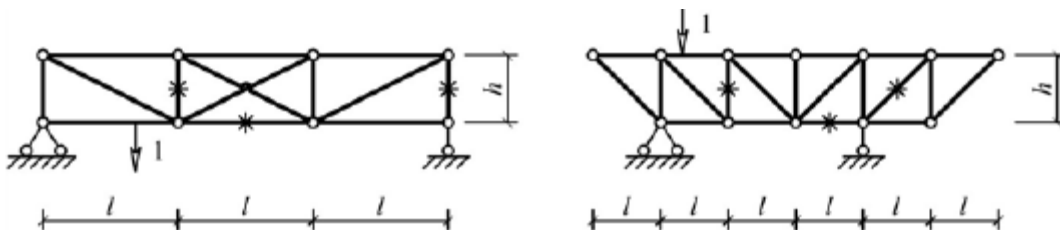


Нагрузка приложена к узлам верхнего пояса.

$l$ , м	$h$ , м	$F$ , кН
2	2	10
1,5	2	8

Задачи для самостоятельного решения:

1. Выполнить расчет фермы методом вырезания узлов.



$l$ , м	$h$ , м	$F$ , кН
2	1	12
1,5	2	20

Нагрузка приложена к узлам верхнего пояса.

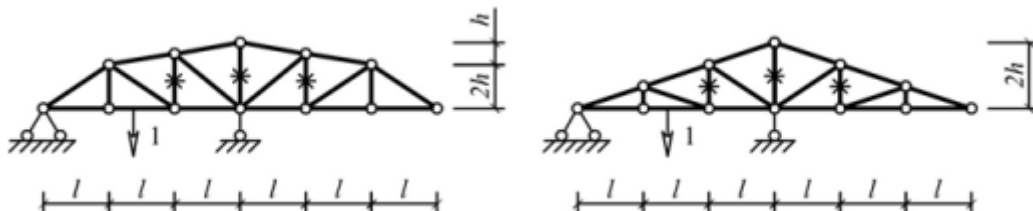
#### 4. Расчет фермы методом сечений.

Теоретические вопросы:

1. Распределение усилий в стержнях поясов и стойках.
2. Расчет фермы методом моментной точки.

Задачи для решения на занятии:

1. Выполнить расчет фермы методом сечений. Данные для расчета приведены в таблице.

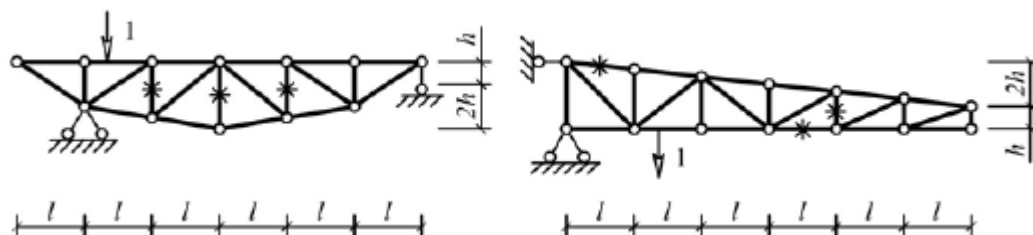


$l$ , м	$h$ , м	$F$ , кН
0,75	1,5	9
1,75	2	12

Нагрузка приложена к узлам нижнего пояса.

Задачи для самостоятельного решения:

1. Выполнить расчет фермы методом сечений.



$l$ , м	$h$ , м	$F$ , кН
1,75	2,5	15
1,5	2	12

Нагрузка приложена к узлам нижнего пояса.

#### 5. Расчет рамы.

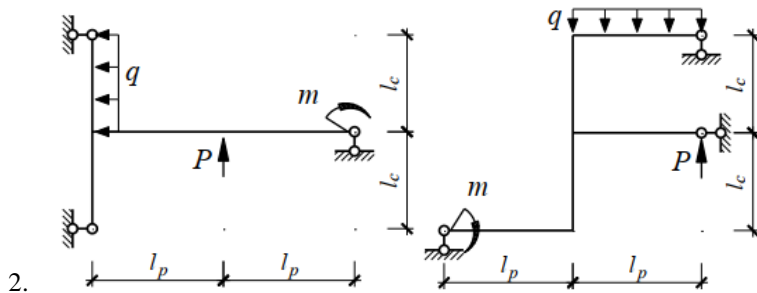
Теоретические вопросы:

1. Расчет опорных реакций рамы.
2. Разбиение рамы на участки и системы координат на них.

Задачи для решения на занятии:

1. Выполнить расчет рамы. Данные для расчета приведены в таблице.

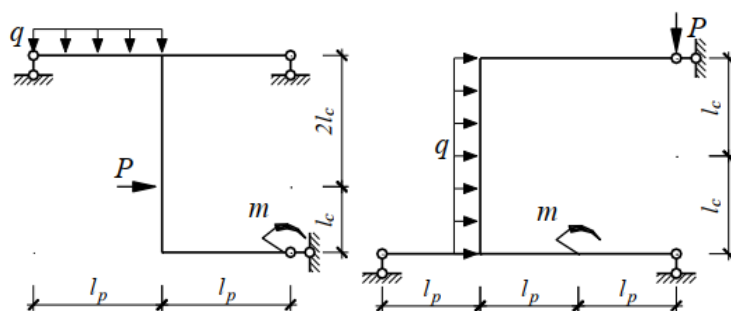




$l_c$ , м	$l_p$ , м	$P$ , кН	$q$ , кН/м	$M$ , кН·м
3	2	8	3	10
1	1,5	12	2	15

Задачи для самостоятельного решения:

1. Выполнить расчет рамы. Данные для расчета приведены в таблице.



$l_c$ , м	$l_p$ , м	$P$ , кН	$q$ , кН/м	$M$ , кН·м
1,5	2	6	3	10
2	1,5	14	2	15

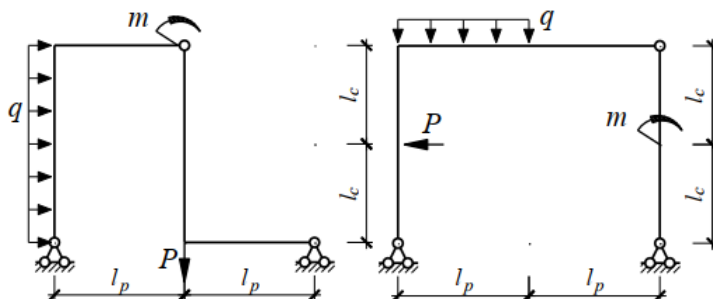
## 6. Расчет рамы с шарнирами.

Теоретические вопросы:

1. Расчет опорных реакций шарнирной рамы. Моменты относительно шарнира.
2. Упрощение расчета с использованием свойств шарниров.

Задачи для решения на занятии:

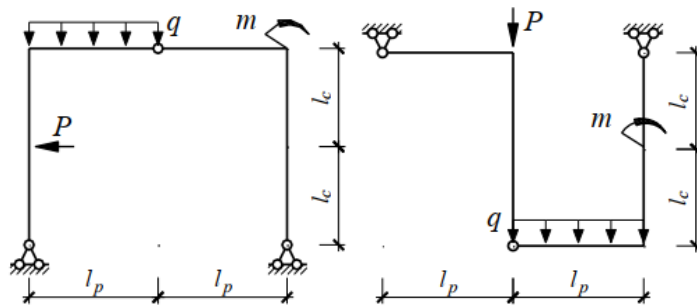
1. Выполнить расчет рамы. Данные для расчета приведены в таблице.



$l_c$ , м	$l_p$ , м	$P$ , кН	$q$ , кН/м	$M$ , кН·м
1,5	2	6	1	5
2	3	10	2	12

Задачи для самостоятельного решения:

1. Выполнить расчет рамы. Данные для расчета приведены в таблице.



$l_c$ , м	$l_p$ , м	$P$ , кН	$q$ , кН/м	$M$ , кН·м
2,5	2	10	4	15
3	2	12	2	12

## 7. Арка. Получение уравнения арки.

Теоретические вопросы:

1. Принципы расчета арок.
2. Уравнение арки и его применение.

Задачи для решения:

1. Получить связь уравнения арки и угла наклона сечения в заданной точке для круговой и параболической арок.

Задачи для самостоятельного решения:

1. Для арки кругового очертания получить уравнение арки, выражение для угла наклона сечения арки.

$l$ , м	$f$ , м
2	4
1	6
3	5

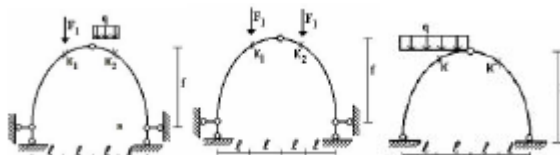
## 8. Расчет трехшарнирной арки.

Теоретические вопросы:

1. Принципы расчета арок.
2. Уравнение арки и его применение.

Задачи для решения на занятии:

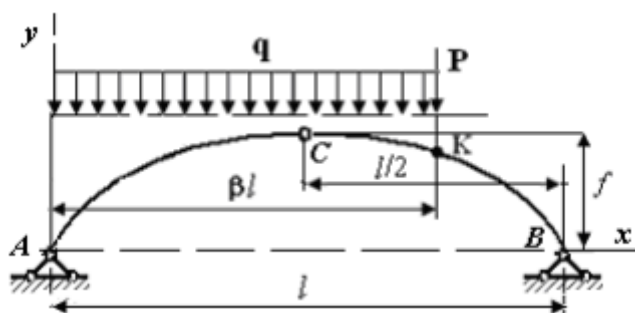
1. Выполнить расчет арки кругового очертания. Расчетные данные взять из таблицы.



$l$ , м	$f$ , м	$F$ , кН	$q$ , кН/м
2	4	12	2
1	6	10	3
3	5	15	4

Задачи для самостоятельного решения:

1. Выполнить расчёт арки параболического очертания.



$$P=10 \text{ кН}, q=2 \text{ кН/м}, l=4 \text{ м}, f=1 \text{ м}, \beta=0,75.$$

### 9. Определение перемещений в системе с помощью интеграла Мора. Формула Симпсона.

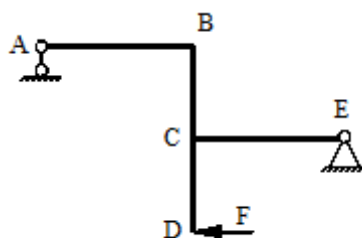
Теоретические вопросы:

1. Перемещение в упругой системе.
2. Интеграл Мора и его структура.
3. Формула Симпсона.

Задачи для решения на занятии:

1. Для рамы, изображенной на рисунке, требуется:
  - 1) определить опорные реакции, используя уравнения равновесия;
  - 2) Построить эпюры внутренних силовых факторов  $M$ ,  $Q$  и  $N$ ;
  - 3) Определить горизонтальное и вертикальное перемещение заданного сечения;
  - 4) Определить угол поворота заданного сечения.

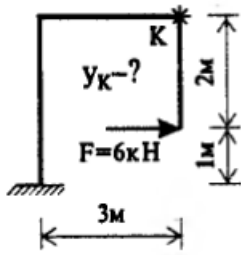
$F$ , кН	$h$ , м	$l$ , м
20	1	2



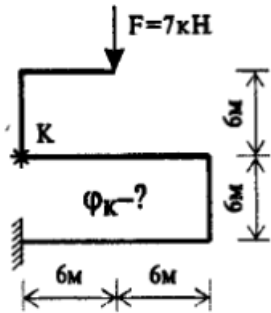
Материал балки сталь Ст3, сечение – квадрат со стороной 40 мм.

Задачи для самостоятельного решения:

1. Для приведённой рамы при помощи интеграла Максвелла-Мора вычислите вертикальное смещение точки К.



2. Для приведённой рамы при помощи интеграла Максвелла-Мора вычислите поворот сечения в точке К.



### 10. Определение перемещений в системе с помощью правила Верещагина.

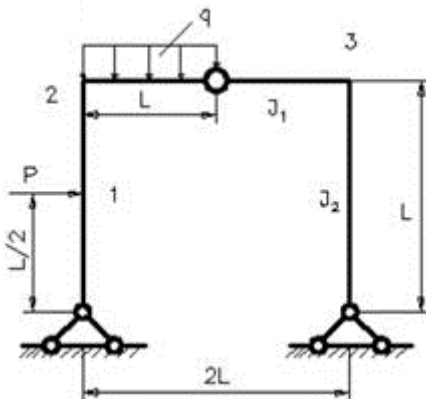
Теоретические вопросы:

1. Правило Верещагина.
2. Условия корректного применения правила Верещагина.

Задачи для решения на занятии:

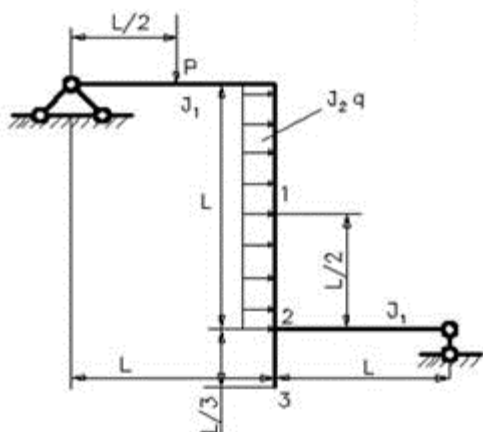
1. Для рамы с выбранными из таблицы данными определить горизонтальное перемещение или угол поворота указанного сечения. В данной задаче жесткости отдельных стержней различны, заданы их соотношения, поэтому искомые перемещения должны быть выражены через  $EJ_1$  или  $EJ_2$ .

$l, \text{ м}$	$P, \text{ кН}$	$q, \text{ кН/м}$	$J_2:J_1$
9,5	2	1,2	2:1



Задачи для самостоятельного решения:

$l, \text{ м}$	$P, \text{ кН}$	$q, \text{ кН/м}$	$J_2:J_1$
9,0	9	1,0	1:2



## 11. Расчет перемещений от температуры и кинематических воздействий.

Теоретические вопросы:

1. Принцип расчета перемещений от осадки опор.
2. Принцип расчета температурных перемещений.

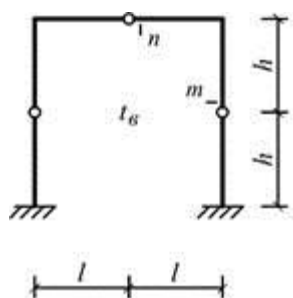
Задачи для решения на занятии:

1. Для рамы требуется определить линейное перемещение сечения  $m$  и угол поворота сечения  $n$ .

При расчете перемещений принять:

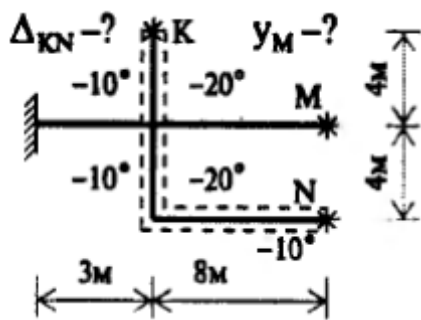
- 1) высоту поперечного сечения всех стержней  $h_c = 0,1l$ ;
- 2) положение центра тяжести поперечного сечения посередине его высоты;
- 3) коэффициент линейного расширения одинаковым для всех элементов системы и равным  $\alpha = 10^{-5}$  1/град;
- 4) параметр температуры  $t = 10^\circ\text{C}$  (на схемах рам температура снаружи  $t_n$  не показана).

$l$ , м	$h$ , м	Температура снаружи, $t_n$	Температура внутри, $t_s$
2	2.5	$t$	$-2t$

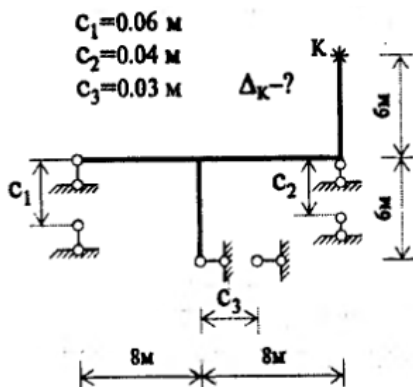


Задачи для самостоятельного решения:

1. Определить перемещения точек  $M$  и  $N$  в раме. Высота поперечного сечения  $h = 0,5$  м.



2. Определить перемещение точки К в раме.



## 12. Составление канонической системы метода сил. Расчет рамы методом сил.

Теоретические вопросы:

1. Каноническая система уравнений и ее составление.
2. Структура решения задачи на использование метода сил. Проверка решения.

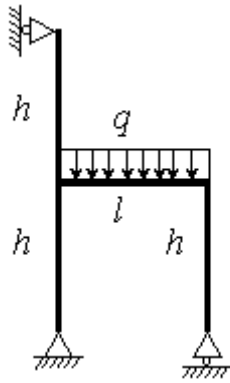
Задачи для решения на занятии:

1. Для изображенной рамы, вертикальные элементы которой имеют моменты инерции  $J$ , а горизонтальные элементы  $kj$ .

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  $N$ ,  $Q_y$ ,  $M_x$ .

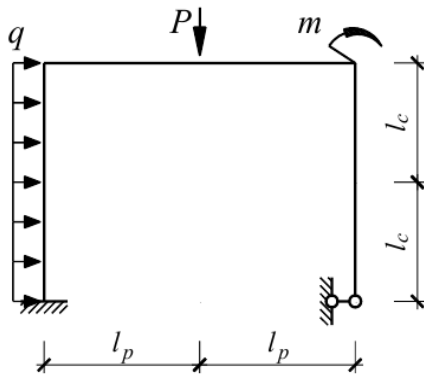
$l$ , м	$h$ , м	$k$	$q$ , кН/м
11	2	1,1	15



Задачи для самостоятельного решения:

1. Методом сил рассчитать раму.

$l_c$ , м	$l_p$ , м	$P$ , кН	$q$ , кН/м	$M$ , кН·м
2,5	3	30	10	40



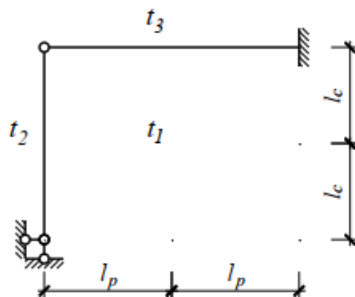
### 13. Расчет рамы методом сил на тепловое воздействие.

Теоретические вопросы:

1. Каноническая система уравнений при тепловом воздействии.

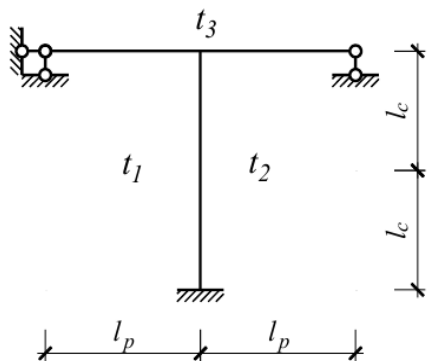
Задачи для решения на занятии:

1. Методом сил рассчитать раму.



$l_c=6$  м,  $l_p=4$  м,  $t_1=10^\circ\text{C}$ ,  $t_2=20^\circ\text{C}$ ,  $t_3=-10^\circ\text{C}$ ,  $h=0,5$  м.

Задачи для самостоятельного решения:



$l_c=3$  м,  $l_p=5$  м,  $t_1=20^\circ\text{C}$ ,  $t_2=30^\circ\text{C}$ ,  $t_3=-15^\circ\text{C}$ ,  $h=0,5$  м.

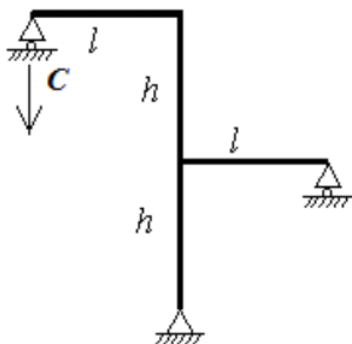
#### 14. Расчет рамы методом сил на кинематическое воздействие.

Теоретические вопросы:

1. Каноническая система уравнений при кинематическом воздействии.

Задачи для решения:

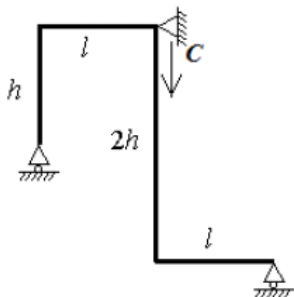
1. Методом сил рассчитать раму.



$l,$	$h,$	$c,$
М	М	СМ
5	4	1,5

Задачи для самостоятельного решения:

1. Методом сил рассчитать раму.



$l,$	$h,$	$c,$
М	М	СМ
2	3	4



### 15. Разбор примера расчета рамы методом перемещений.

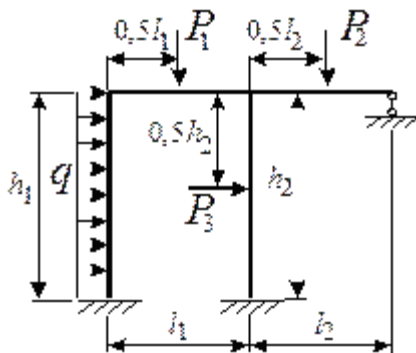
Теоретические вопросы:

1. Принципы метода перемещений.
2. Решение методом перемещений.

Задачи для решения на занятии:

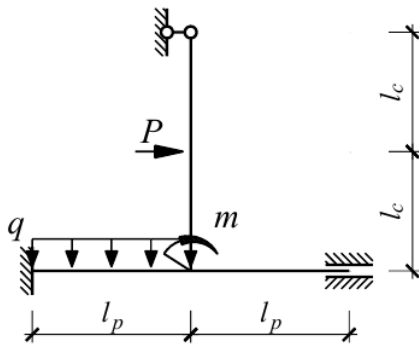
1. Для заданной статически неопределимой рамы с выбранными из табл. размерами и нагрузкой построить эпюры изгибающих моментов, поперечных и продольных сил.

$l_1$ , м	$l_2$ , м	$h_1$ , м	$h_2$ , м	$q$ , кН/м	$P_1$ , кН	$P_2$ , кН	$P_3$ , кН	$I_1/I_2$
4	10	3	11	1,1	4	0	0	0,5



Задачи для самостоятельного решения:

1. Методом перемещений рассчитать раму.



$l_c$ , м	$l_p$ , м	$P$ , кН	$q$ , кН/м	$M$ , кН·м
1,5	1	10	6	20

### 16. Матрица жесткости стержневого конечного элемента.

Теоретические вопросы:

1. Структура матрицы жесткости стержня с различными закреплениями.
2. Получение матрицы жесткости прямолинейного стержня. Учет симметрии.

Задачи для решения на занятии:

1. Получить матрицу жесткости стержневого конечного элемента с жесткими заделками на концах.

Задачи для самостоятельного решения:

1. Получить матрицу жесткости стержневого конечного элемента с жесткой заделкой и шарниром на концах.

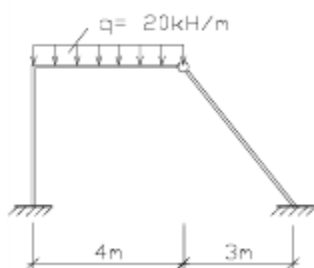
### 17. Расчет простой рамы методом конечных элементов.

Теоретические вопросы:

1. Матрица направляющих косинусов.
2. Построение системы уравнений МКЭ.

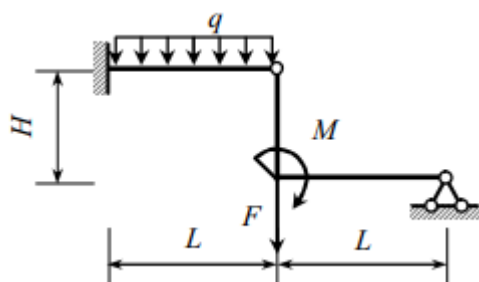
Задачи для решения на занятии:

1. Выполнить расчет изображенной рамы методом конечных элементов.



Задачи для самостоятельного решения:

1. Выполнить расчет изображенной рамы методом конечных элементов.  $L=3$  м;  $H=2$  м;  $F=10$  кН;  $M=6$  кН·м;  $q=4$  кН/м;  $EA=40$  кН;  $EJ=1$  кН·м<sup>2</sup>.



### Самостоятельная работа

Самостоятельная работа включает в себя:

1. Изучение теоретического материала по конспектам лекций и учебным пособиям.
2. Решение задач, предназначенных для самостоятельного решения.
3. Выполнение контрольной работы.
4. Подготовка к зачету и экзамену.

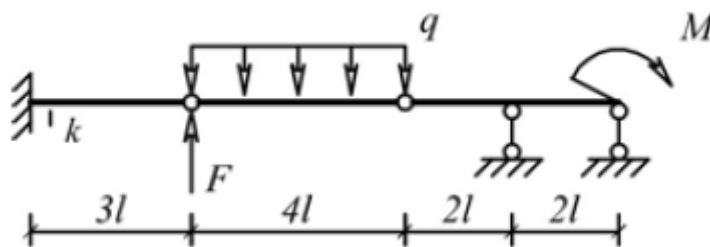
### 6. Критерии оценивания результатов освоения дисциплины (модуля)

#### 6.1. Оценочные средства и критерии оценивания для текущей аттестации

#### 4 семестр

#### Контрольная работа

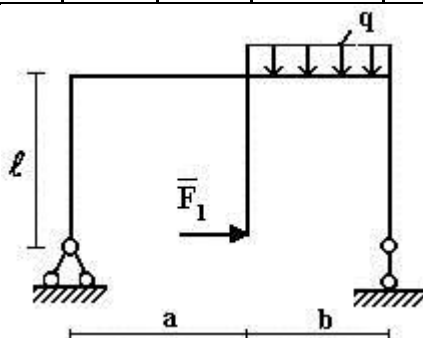
1. Для изображенной на рисунке многопролетной балки необходимо построить эпюры внутренних силовых факторов. Исходные данные для расчета приведены в таблице.



$l$ , м	$M$ , кНм	$F$ , кН	$q$ , кН/м
2	6	4	2

2. Для рамы, изображенной на рисунке, с размерами и нагрузкой, выбранными таблицы, требуется:
- 1) определить опорные реакции, используя уравнения равновесия;
  - 2) разбить раму на участки;
  - 3) на каждом участке найти значения изгибающего момента  $M$ , поперечной силы  $Q$  и продольной силы  $N$ ;
  - 4) построить эпюры  $M$ ,  $Q$  и  $N$ ;
  - 5) выполнить статическую проверку расчета.

$F_1$ , кН	$a$ , м	$b$ , м	$M$ , кН·м	$q$ , кН/м
12	1	2	24	5



### Критерии оценивания контрольной работы:

Студенту засчитывается выполнение контрольной работы в случае, если он выполняет правильно больше 70% заданий данной работы (верно определены реакции, конструкция правильно разделена на характерные участки, большинство участков эпюр рассчитаны верно) и может объяснить ход решения указанной преподавателем задачи.

## 6.2. Оценочные средства и критерии оценивания для промежуточной аттестации 3 семестр

### Критерии для получения зачета

Оценка «зачтено» выставляется если студент:

1. Посетил все лекционные занятия. В случае пропуска лекции студент должен показать преподавателю конспект лекции и ответить на вопросы по теме лекции.
2. Посетил все практические занятия и выполнил задания для самостоятельной работы. В случае пропуска занятия должно быть отработано.

При невыполнении студентом всех пунктов требований выставляется оценка «не зачтено».

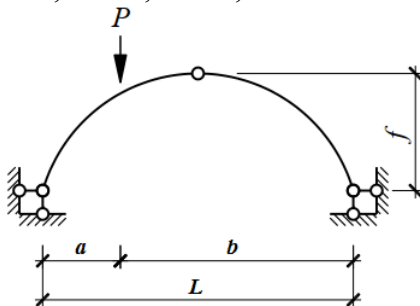
## 4 семестр

### Вопросы к экзамену.

1. Геометрическая изменяемость стержневых систем.
2. Понятие статически неопределимых систем. Определение степени их неопределимости.
3. Расчет балки.
4. Расчет многопролетной балки.
5. Линии влияния в балках.
6. Расчет рамы.
7. Расчет фермы.
8. Расчет арки.
9. Теоремы о взаимности. Интеграл Мора.
10. Правило Верещагина. Формула Симпсона.
11. Определение перемещений, вызванных тепловым и кинематическим воздействиями.
12. Потенциальная энергия деформированной системы. Энергетический способ определения перемещений.
13. Расчет статически неопределимых систем методом сил на силовое воздействие.
14. Расчет статически неопределимых систем методом сил на тепловое воздействие.
15. Расчет статически неопределимых систем методом сил на кинематическое воздействие.
16. Основы расчета статически неопределимых систем методом перемещений.
17. Основы метода конечных элементов. Конечный элемент и его характеристики.
18. Расчет статически неопределимых систем методом конечных элементов.
19. Матрица жесткости конечного элемента, ее структура.
20. Глобальная и местная системы координат. Матрица преобразования.

### Пример экзаменационного билета

1. Геометрическая изменяемость стержневых систем.
2. Расчет статически неопределимых систем методом сил на силовое воздействие.
3. Вычислить реакции в арке параболического очертания. Параметры арки и нагрузки: пролёт 10 м, стрела 5 м,  $a=2$  м,  $b=8$  м,  $P=12$  кН.



### Критерии оценивания уровня освоения дисциплины

Положительную оценку на экзамене получает студент, выполнивший контрольную работу.

На экзамене оценка «**отлично**» выставляется студенту, который:

- 1) глубоко и прочно усвоил программный материал в полном объеме, исчерпывающе, грамотно и логически стройно его излагает, четко формулирует основные понятия, приводит соответствующие примеры;
- 2) уверенно применяет теоретические знания к решению практических задач;
- 3) способен к самостоятельному пополнению и обновлению знаний;

Оценка «**хорошо**» выставляется студенту, который:

- 1) твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его без существенных ошибок;

2) правильно применяет теоретические положения при решении конкретных задач, не допускает существенных неточностей в процессе решения задач;

3) по ходу изложения допускает небольшие неточности, не искажающие содержания ответа.

Оценка «**удовлетворительно**» выставляется студенту, который не совсем твердо владеет программным материалом, знает основные теоретические положения изучаемого курса, обладает достаточными для продолжения обучения и предстоящей профессиональной деятельности, знаниями. При ответах допускает малосущественные погрешности, испытывает затруднения при решении задач.

Оценка «**неудовлетворительно**» выставляется студенту, имеющему серьезные пробелы в знании учебного материала, в умении решать задачи; его уровень знаний недостаточен для дальнейшей учебы и будущей профессиональной деятельности.

## **7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы**

### **7.1. Основная литература**

#### **3 семестр**

1. Ахметзянов, М. Х. Сопротивление материалов : учебник для вузов / М. Х. Ахметзянов, И. Б. Лазарев. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 297 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-08113-8. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <http://biblio-online.ru/bcode/449819> (дата обращения: 30.08.2020).

2. Бертяев В. Д. Теоретическая механика. Краткий курс : учебник для вузов / В. Д. Бертяев, Л. А. Булатов, А. Г. Митяев, В. Б. Борисевич. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 168 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-13208-3. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <http://biblio-online.ru/bcode/449527> (дата обращения: 30.08.2020).

3. Кривошاپко, С. Н. Сопротивление материалов : учебник и практикум для вузов / С. Н. Кривошاپко. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 397 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-00491-5. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <http://biblio-online.ru/bcode/449918> (дата обращения: 30.08.2020).

4. Лукашевич, Н. К. Теоретическая механика : учебник для вузов / Н. К. Лукашевич. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 266 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-02524-8. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <http://biblio-online.ru/bcode/452428> (дата обращения: 30.08.2020).

#### **4 семестр**

1. Бабанов, В. В. Строительная механика для архитекторов : учебник и практикум для вузов / В. В. Бабанов. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 487 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-04646-5. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <http://biblio-online.ru/bcode/450663> (дата обращения: 30.08.2020).

2. Кривошاپко, С. Н. Строительная механика : учебник и практикум для вузов / С. Н. Кривошاپко. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 391 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-01124-1. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <http://biblio-online.ru/bcode/449733> (дата обращения: 30.08.2020).

3. Смирнов, В. А. Строительная механика : учебник для вузов / В. А. Смирнов, А. С. Городецкий ; под редакцией В. А. Смирнов. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 423 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-03317-5. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <http://biblio-online.ru/bcode/449879> (дата обращения: 30.08.2020).

### **7.2. Дополнительная литература**

#### **3 семестр**

1. Варданян Г.С. Сопротивление материалов с основами строительной механики : учебник для студентов вузов по направлению "Стр- во" и спец. "Пр-во строит. материалов, изделий и конструкций", "Теплогазоснабжение и вентиляция", "Водоснабжение и водоотведение" / Г. С.

Варданян, Н. М. Атаров, А. А. Горшков ; под ред. Г. С. Варданяна .— Изд. испр .— М. : Инфра-М, 2011 .— 504 с.

2. Феодосьев В. И. Сопротивление материалов: учебник для студентов машиностроит. вузов и технич. ун-тов по спец. "Приклад. механика" / В. И. Феодосьев ; ред. совет : К. С. Колесников (отв.ред.), Н. А. Алфутов, О. С. Нарайкин и др .— 15-е изд., испр .— М. : Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010 .— 591 с. : ил .

#### 4 семестр

1. Анохин Н.Н. Строительная механика в примерах и задачах : учебное пособие для студентов вузов обучающихся по строит. спец. : [ в 2 ч.] / Н.Н. Анохин .— М. : Издательство Ассоциации строительных вузов, 2010 - Ч.1.: Статически определимые системы .— 3-е изд., доп. и перераб. — 2010 .— 336 с. : ил.

2. Анохин Н.Н. Строительная механика в примерах и задачах : учебное пособие для студентов вузов обучающихся по строит. спец. : [ в 2 ч.] / Н.Н. Анохин .— М. : Издательство Ассоциации строительных вузов, 2010 - Ч.2: Статически неопределимые системы .— 3-е изд., доп. и перераб. — 2010 .— 464 с.

3. Варданян Г.С. Сопротивление материалов с основами строительной механики : учебник для студентов вузов по направлению "Стр- во" и спец. "Пр-во строит. материалов, изделий и конструкций", "Теплогаснабжение и вентиляция", "Водоснабжение и водоотведение" / Г. С. Варданян, Н. М. Атаров, А. А. Горшков ; под ред. Г. С. Варданяна .— Изд. испр .— М. : Инфра-М, 2011 .— 504 с.

#### 7.3.Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. [https://www.youtube.com/playlist?list=PLg2VuvbqEwvVWsm7uOy034xexi\\_lxxmco](https://www.youtube.com/playlist?list=PLg2VuvbqEwvVWsm7uOy034xexi_lxxmco) – курс видеолекций по теоретической механике.
2. <http://www.soprotmat.ru/> - материалы по сопротивлению материалов и подбору сечений элементов.
3. <http://www.stroimech.ru> - лекции и примеры решения задач по строительной механике.

#### 8. Материально-техническое обеспечение

Аудитория для проведения лекционных занятий 103 уч. к. 1 со следующим оборудованием:

- доска с размерами не менее 3000x1300 мм;
- проектор;
- экран.

Аудитория для проведения практических занятий 103 уч. к. 1 со следующим оборудованием:

- доска с размерами не менее 3000x1300 мм.

#### 9. Программное обеспечение

1. Пакет офисных программMicrosoftOffice.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН  
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 6314D932A1EC8352F4BBFDEFD0AA3F30  
Владелец: Артеменков Михаил Николаевич  
Действителен: с 21.09.2022 до 15.12.2023