

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ, ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ И  
ИННОВАЦИЙ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

**МОО ВО Кыргызско-Российский Славянский университет  
имени первого Президента Российской Федерации Б. Н. Ельцина**

**Факультет архитектуры, дизайна и строительства**

**Кафедра строительства**

**Фонд**

**оценочных средств**

по дисциплине «Сопротивление материалов (продвинутый курс)»

Уровень высшего образования

БАКАЛАВРИАТ

08.03.01 - РФ, 750500 - КР Строительство  
«Промышленное и гражданское строительство»

Квалификация

бакалавр

2025

Фонд оценочных средств предназначен для контроля знаний обучающихся по направлению подготовки 08.03.01 - РФ, 750500 - КР Строительство

Фонд оценочных средств рассмотрен и утвержден на заседании кафедры

«Строительство»

протокол № 2 от 16 сентября 2025 г.

Заведующий кафедрой  
«Строительство»



Э.К. Сардарбекова

---

*наименование кафедры*

*подпись*

*расшифровка подписи*

*Исполнители:*

доцент кафедры «Механика»



Герман К.А.

---

## Раздел 1. Перечень компетенций, с указанием этапов их формирования в процессе освоения дисциплины

Формируемые компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций	Виды оценочных средств/ шифр раздела в данном документе
ОПК-3: Способен принимать решения в профессиональной сфере, используя теоретические основы и нормативную базу строительства, строительной индустрии и жилищно-коммунального хозяйства	<p><b><u>Знать:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- группы методов принятия решений в профессиональной сфере;</li> <li>- теоретические основы и нормативную базу строительства и строительной индустрии</li> </ul>	<p><b>Блок А –</b> Фронтальный опрос Тест</p>
	<p><b><u>Уметь:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-принимать решения в профессиональной сфере;</li> <li>-использовать теоретические основы и нормативную базу строительства, строительной индустрии и жилищнокоммунального хозяйства</li> </ul>	<p><b>Блок В –</b> РГЗ Практические задания</p>
	<p><b><u>Владеть:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методами принятия решений в профессиональной сфере;</li> <li>-принципами использования нормативной базы строительства и строительной индустрии</li> </ul>	

### Содержание разделов и тем дисциплины.

#### Теоретическая часть дисциплины

#### Раздел I. Общие понятия и основные определения.

##### Тема 1. Цели и задачи, основные гипотезы и принципы СМ.

Цели, задачи, основные гипотеза и принципы сопротивление материалов. Понятия прочности жесткости и устойчивости. Классификация внешних сил и расчетная схема элементов конструкции.

**Тема 2.** Метод сечений. Внутренние усилия. Понятия о внутренних силах. Определение внутренних сил и метод сечений. Главный вектор сил и главный момент. Компоненты внутренних усилий.

**Тема 3.** Напряжения и деформация и связь между ними.

Понятия о напряжениях и деформациях в точке твердого тела, компоненты тензора напряжений. Связь между напряжениями и компонентами внутренних усилий. Связь между напряжением и деформациями, закон Гука.

## **Раздел II. Центральное растяжение и сжатие.**

**Тема 1.** Осевое растяжение – сжатие. Напряжение и деформация при растяжении. Продольная сила и напряжения, абсолютная и относительная деформация при растяжении. Поперечная деформация. Статически дифференциальные и интегральные зависимости при центральном растяжении и сжатии. Геометрические дифференциальные и интегральные зависимости и при центральном растяжении-сжатии. Физическая сторона задачи центрального растяжения-сжатия бруса. Закон Гука. Потенциальная энергия упругой деформаций при растяжении.

**Тема 2.** Механические характеристики материалов расчеты на прочность. Коэффициент Пуассона. Модуль Юнга. Показатели прочности и пластичности материалов. Напряжения в поперечных сечениях бруса при растяжении-сжатии. Расчет на прочность при центральном растяжении-сжатии.

**Тема 3.** Статически определимые и неопределимые системы. Методика расчета напряженно-деформированного состояния при центральном растяжении-сжатии (статически определимые конструкции) Расчет статически неопределимых систем. Напряжение на наклонном сечении.

## **Раздел III. Прямой изгиб.**

**Тема 1.** Геометрические характеристики плоских сечений. Геометрические характеристики сечений. Общие положения. Статические моменты и центр тяжести сечений. Теория моментов инерции. Изменение моментов инерции при повороте осей координат. Главные оси инерции.

**Тема 2.** Понятие об изгибе балок. Внутренние усилия при изгибе. Общие определения, главные плоскости и плоскость погружения. Плоский прямой изгиб. Внутренние усилия, изгибающий момент и поперечная сила, правила знаков. Построение эпюр внутренних усилий.

**Тема 3.** Дифференциальные зависимости между внутренними усилиями. Теорема Журавского. Дифференциальные зависимости между внутренними усилиями. Следствия, вытекающие из теорем Журавского и правила контроля эпюр поперечных сил и изгибающих моментов.

**Тема 4.** Чистый изгиб. Гипотезы и напряжения при чистом изгибе. Геометрия деформации, основные гипотезы и нормальное напряжение при чистом изгибе.

**Тема 5.** Напряжения при поперечном изгибе. Формула Журавского.

**Тема 6.** Расчеты на прочность при изгибе. Условие прочности. Условие прочности при изгибе по нормальным и касательным напряжениям. Расчеты на прочность. Три типа задач решаемы с использованием условий прочности. Условия точности для несимметричного сечения и разносопротивляющихся материалов.

**Тема 7.** Перемещения при изгибе. Уравнения упругой линии балки. Расчеты элементов строительных конструкции по предельным состояниям, условия жесткости. Линейная и угловая деформация изгибаемых элементов. Дифференциальное уравнение упругой линии балки. Методы определения перемещений. Метод непосредственного интегрирования, теорема Кастильяно.

**Тема 8.** Метод начальных параметров. Расчеты на жесткость. Универсальное уравнение изогнутой оси балки. Уравнения метода начальных параметров для линейного и углового перемещения балок. Расчеты на жесткость.

**Тема 9.** Интеграл Максвелла – Мора и способ Верещагина.

Потенциальная энергия упругой деформации и работа внешних сил при изгибе бруса, теорема Клапейрона. Интеграл Максвеллоа-Мора, способ Верещагина.

#### **Раздел IV. Сложное сопротивление**

**Тема 1.** Косой изгиб и внецентренное растяжение – сжатие. Ядро сечения.

Понятие о сложном сопротивлении брусьев. Косой изгиб, напряжение при косом изгибе и условие прочности. Внецентренное растяжение сжатие. Напряжение, условие прочности и нейтральная ось при внецентренном растяжении и сжатии. Ядро сечения.

**Тема 2.** Устойчивость сжатых стержней, формула Эйлера.

Понятие об устойчивости стержней и критическая сила. Определение критической силы, формула Эйлера. Влияние способов закрепления на величину критической силы.

Критическое напряжение, формула Ясинского. Пределы применимости формулы Эйлера.

#### **Практические занятия**

**Раздел II.** Центральное растяжение-сжатие.

**Тема 2.1.** Статически определяемые задачи растяжения и сжатия. Расчеты на прочность.

**Тема 2.2.** Статически неопределимые задачи растяжения и сжатия. Влияние изменения температуры на напряжения в статически неопределимой системе. Влияние неточности изготовления элементов в статически неопределимой системе.

**Раздел III.** Прямой изгиб.

**Тема 3.1.** Геометрические характеристики плоских сечений.

**Тема 3.2.** Изгиб статически определяемых балок. Построение эпюр.

**Тема 3.3.** Расчеты на прочность при изгибе.

**Тема 3.4.** Изгиб статически определяемых рам и криволинейных балок.

**Тема 3.5.** Определение перемещений в балках методом начальных параметров. Расчет на прочность и жесткость

**Тема 3.6.4** Определение перемещений методом Максвелла-Мора и способом Верещагина.

**Раздел IV.** Сложное сопротивление.

**Тема 4.1.** Внецентренное растяжение и сжатие. Ядро сечения.

**Тема 4.2.** Устойчивость сжатых стержней. Расчет на устойчивость.

#### **Лабораторные работы**

№№ и наименования разделов и тем (в соответствии п. 3.3)	Цель и содержание лабораторной работы	Результаты лабораторной работы
<b>Лабораторная работа №1 «Диаграмма растяжения малоуглеродистой стали»</b>		
Раздел I. Центральное растяжение Т е м а 4. Осевое растяжение-сжатие	Построение диаграммы растяжения пластичных материалов. Определение характеристик прочности и пластичности	Ознакомление с закономерностями деформации
<b>Лабораторная работа №2 «Испытание материалов на сжатие»</b>		
Раздел I. Центральное растяжение и сжатие. Т е м а 4. Осевое растяжение и сжатие	Определение пределов прочности на сжатие различных материалов	Ознакомление с закономерностями деформации
<b>Лабораторная работа №3 «Определение модуля продольной упругости»</b>		

Раздел I. Центральное растяжение и сжатие. Т е м а 5. Механические характеристики	Ознакомление с принципом работы тензометров для измерения линейных деформаций и определение модуля Юнга	Получение величины модуля Юнга. Сравнение с табличным значением
Лабораторная работа № 4 «Тарировка тензорезисторов сопротивления»		
Раздел I. Центральное растяжение и сжатие. Т е м а 5. Механические характеристики	Ознакомление с сущностью метода тензометрирования, схема включения тензорезисторов, принципом работы тензометрических приборов	Проведении тарировки проволочных тензорезисторов сопротивления
Лабораторная работа №5 «Определение коэффициента Пуассона»		
Раздел 1. Центральное растяжение и сжатие Т е м а 5. Механические характеристики	Убедиться в постоянстве отношения поперечной деформации к продольной. Определить коэффициент Пуассона	Определение коэффициента Пуассона. Сравнение с табличным значением
Лабораторная работа № 6 «Испытание на срез»		
Раздел II. Чистый сдвиг. Кручение. Т е м а 1. Напряженное состояние при сдвиге. Закон Гука	Определение предела прочности при срезе	Сравнение с табличным значением
Лабораторная работа № 7. « Испытание винтовой пружины.		
Раздел II. Чистый сдвиг и кручение. Т е м а 2. Кручение стержней круглого и некруглого сечений.	Изучение деформации витых пружин. Определение коэффициента жесткости пружины	Определение модуля сдвига материала пружины

### Перечень и тематика письменных самостоятельных работ

- Раздел I. Центральное растяжение и сжатие.
- Раздел II. Геометрические характеристики плоских сечений.
- Раздел III. Изгиб статически определимых балок и рам.
- Раздел V. Внецентренное растяжение-сжатие. Ядро сечения.
- Раздел VI. Расчеты на устойчивость сжатых стержней.

### Список рекомендуемой литературы

#### Основная

1. Костенко Н.А., Балясникова С.В. и др. Сопротивление материалов. М., Высшая школа, 2007.
2. Шалашилин В.И., Горшков А.Г., Трошин В.Н., Сопротивление материалов.: М.: Высшая школа, 2005.
3. В.И. Феодосьев. Сопротивление материалов, М. Наука, 1970.
4. А.В. Дарков, Г.С. Шпиро. Сопротивление материалов, М., Высшая школа, 1989.
5. В.И. Феодосьев Избранные задачи и вопросы по сопротивлению материалов, М., Наука, 2003.

6. Сборник задач по сопротивлению материалов. Под редакцией В.К Качурина. М., Наука, 1972.
7. Сборник задач по сопротивлению материалов. Под редакцией В.Вольмира. М., Наука, 1986.
8. К.К.Лихарев, Н.А.Сухова Сборник задач по курсу «Сопротивление материалов», М., Машиностроение, 1980.
9. Лабораторный практикум по сопротивлению материалов. Учебно-методическое пособие. КРСУ. – Бишкек 2002.

Дополнительная

10. М.И Любшиц, Г.М. Ицкович. Справочник по сопротивлению материалов. Киев, 1982.
11. С.П.Фесик. Справочник по сопротивлению материалов. Киев, 1982.

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

### **Методические указания студентам**

Этапы изучения сопротивления материалов включают:

- аудиторские теоретические (лекции), практические занятия и лабораторные работы (по расписанию);
- самостоятельное изучение теоретического материала по учебникам и решение задач по существующим задачкам, а также выполнение расчетно-графических заданий, которые выдаются в университете;
- индивидуальные консультации (расписание консультаций имеется на кафедре);

Лекция по сопротивлению материалов обычно строится так, что каждый новый факт, сообщаемый лектором, является логическим следствием из ранее изложенного. Если слушатель не умеет держать себя в состоянии напряженного внимания, если он не может вслед за лектором активно мыслить, если он отвлекается хотя бы на минуту, то цепь рассуждений в сознании прерывается, восстановить ее обычно очень трудно, и последующая часть лекции усваивается значительно хуже.

Сознательное слушание лекции по сопротивлению материалов возможно лишь при полном усвоении материала предыдущих лекций, следовательно, к лекции надо готовиться. Впрочем, полное понимание излагаемого материала во время лекции, как правило, не достигается, и какая-то его часть остается неувоенной, но этого не надо бояться. Заканчивая же изучение какого-либо раздела, необходимо добиться полного понимания всего его содержания, так как все изученное понадобится не только само по себе, но и для изучения специальных дисциплин.

Рекомендуется чтение конспекта и учебника сопровождать разбором типовых задач, приводимых в существующих пособиях. Вполне достаточно ограничиться теми задачами, которые предлагаются на практических занятиях и в качестве задания для самостоятельной работы, важно лишь, чтобы все они были решены сознательно, с полным пониманием каждого этапа решения.

Большую помощь при самостоятельном изучении теории приносит составление конспекта. В конспекте следует проделать те выкладки, которые имеются в учебнике, четко выписать основные формулы и результаты, сделать пометки по неясным вопросам, чтобы не забыть по ним проконсультироваться.

Помните! Только систематическое изучение любого предмета приносит реальную пользу. Быстро возбужденный перед экзаменом без понимания большой материал с такой же скоростью забывается.

## 5.2. Методические рекомендации преподавателям

По мере овладения теоретическими и практическими разделами дисциплины, преподавателю целесообразно разработать матрицу наиболее предпочтительных методов обучения и форм самостоятельной работы студентов, адекватных видам лекционных и практических занятий. Необходимо предусмотреть развитие форм самостоятельной работы, выводя студентов к завершению изучения учебной дисциплины на её высший уровень. Пакет заданий для самостоятельной работы следует выдавать в начале семестра, определив предельные сроки их выполнения и сдачи. Задания для самостоятельной работы желательно составлять из обязательной и факультативной частей. Организуя самостоятельную работу, необходимо постоянно обучать студентов методам такой работы.

Вузовская лекция – главное звено дидактического цикла обучения. Её цель – формирование у студентов ориентировочной основы для последующего усвоения материала методом самостоятельной работы. Содержание лекции должно отвечать следующим дидактическим требованиям:

- изложение материала от простого к сложному, от известного к неизвестному;
- логичность, четкость и ясность в изложении материала;
- возможность проблемного изложения, дискуссии, диалога с целью активизации деятельности студентов;
- опора смысловой части лекции на подлинные факты, события, явления, статистические данные;
- тесная связь теоретических положений и выводов с практикой и будущей профессиональной деятельностью студентов.

При изложении материала важно помнить, что почти половина информации на лекции передается через интонацию. Учитывать тот факт, что первый кризис внимания студентов наступает на 15-20-й минутах, второй – на 30-35-й минутах. В профессиональном общении исходить из того, что восприятие лекций студентами младших и старших курсов существенно отличается по готовности и умению.

Практические занятия проводятся по узловым и наиболее сложным вопросам (темам, разделам) учебной программы. Они могут быть построены как на материале одной лекции, так и на содержании лекций по определённой теме. Главная и определяющая особенность любого практического занятия – наличие элементов проблемности, диалога между преподавателем и студентами и самими студентами.

При подготовке практического занятия желательно придерживаться следующего алгоритма:

### а) разработка учебно-методического материала:

- формулировка темы, соответствующей программе и госстандарту;
- определение дидактических, воспитывающих и формирующих целей занятия;
- выбор методов, приемов и средств для проведения занятия;
- подбор литературы для преподавателя и студентов;
- при необходимости проведение консультаций для студентов;

Подводя итоги практического занятия, можно использовать следующие критерии (показатели) оценки ответов:

- полнота и конкретность ответа;
- последовательность и логика изложения;
- связь теоретических положений с практикой;
- обоснованность и доказательность излагаемых положений;
- наличие качественных и количественных показателей;
- наличие иллюстраций к ответам;
- уровень культуры речи;
- использование наглядных пособий и т.п.

В конце практического занятия рекомендуется дать оценку всего занятия, обратив особое внимание на следующие аспекты:

- качество подготовки;
- степень усвоения знаний;
- активность;
- положительные стороны в работе студентов;
- ценные и конструктивные предложения;
- недостатки в работе студентов;
- задачи и пути устранения недостатков.

После проведения практического занятия по курсу, начинающему преподавателю целесообразно осуществить общий анализ проделанной работы, извлекая при этом полезные уроки.

При проведении аттестации студентов важно помнить, что систематичность, объективность, аргументированность – главные принципы, на которых основаны контроль и оценка знаний студентов. Проверка, контроль и оценка знаний студента, требуют учета его индивидуального стиля в осуществлении учебной деятельности. Понимание критериев оценки знаний обязательно для преподавателя и студента.

## СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ И ПЕРСОНАЛИЙ (ГЛОССАРИЙ)

### Словарь терминов

**Балка** – стержень, работающий на изгиб.

**Брус** (стержень) – тело, одно из измерений которого (длина) много больше двух других.

**Выносливость материала** – способность материала противостоять действию переменных нагрузок.

**Деформация** – величина, характеризующая интенсивность изменения формы и размеров данного твердого тела.

**Жесткость** – ограниченность (малость) тех изменений размеров и форм, которые возникают в твердом теле при силовом воздействии.

**Закон Гука** – перемещения в определенных пределах пропорциональны действующим силам для многих твердых тел.

**Запас прочности** – число, большее единицы, величина которого зависит от конкретных условий работы, от степени точности методов расчета, от свойств материала.

Правильность выбора запаса прочности в значительной мере определяется длительным опытом эксплуатации различных машин и сооружений и некоторыми теоретическими соображениями.

**Изгиб** – вид деформации, который вызывается силами, перпендикулярными к продольной оси стержня, и парами сил, расположенными в продольной плоскости, проходящей через ось стержня.

**Изотропность** сплошной среды – предполагает свойство любого тела, выделенного из сплошной среды, которые не зависят от его исходной угловой ориентации в пределах этой среды.

**Коэффициент Пуассона** – величина, характеризующая отношения относительной поперечной деформации стержня к относительной продольной деформации. В пределах пропорциональности это отношение для данного материала есть величина постоянная и определяется экспериментально.

**Кручение** – вид деформации, вызываемый парами сил, расположенных в плоскостях, перпендикулярных к оси стержня.

**Метод сечения** – прием выявления внутренних усилий в сопротивлении материалов.

**Напряжение** – численная мера, характеризующая закон распределения внутренних сил по сечению.

**Однородность** материала – это независимость его свойств от величины выделенного из тела объема.

**Пластичность** – свойство материала претерпевать большие деформации без разрушения и сохранять эти деформации после прекращения действия этих сил

**Прогиб** – смещение центра тяжести произвольного сечения по направлению одной из главных центральных осей стержня при изгибе.

**Прочность** – способность изделия (детали машин, элементы сооружения) не разрушаться под действием приложенных к нему нагрузок.

**Растяжение** (сжатие) – вид нагружения, при котором в поперечных сечениях бруса возникает только нормальная сила  $N$ , а остальные внутренние усилия равны нулю.

**Расчетная схема** – реальный объект, освобожденный от несущественных факторов. Для одного и того же объекта может быть предложено несколько расчетных схем, в зависимости от требуемой точности расчета.

**Сдвиг** (срез, скалывание) – вид нагружения, вызываемый силами, направленными поперек оси стержня и близко расположенными друг к другу.

**Сплошность** материала – свойство материала непрерывно заполнять отведенный ему объем.

**Твердость** – способность материала противодействовать механическому проникновению в него посторонних тел.

**Тензомер** – прибор, применяемый для точного замера малых удлинений.

**Удлинение** – разность длин стержня в нагруженном и ненагруженном состояниях. Это величина стержня называется абсолютным удлинением ( $\Delta l$ ) стержня.

**Упругость** – свойство твердого тела восстанавливать свои первоначальные размеры после снятия нагрузки.

**Устойчивость** – свойство системы сохранять свое первоначальное состояние при внешних воздействиях.

**Хрупкость** – способность материала разрушаться без образования заметных остаточных деформаций.

**Энергия деформации** (потенциальная) – энергия накопленная в теле в процессе деформации.

**Эпюра** (моментов, напряжений) – график изменения величины (моментов, напряжений) вдоль оси стержня. Эпюра дает наглядное представление о законах изменения различных исследуемых величин.

### Словарь персоналий

1. **Бернулли Яков** (1654-1705) – голландец по рождению, швейцарец по гражданству. Установил основную формулу для расчета деформации при изгибе.
2. **Гук Роберт** (1635-1703) – английский ученый, работал с 1662 г. механиком Королевского научного общества. 1678 г. Гук опубликовал результаты своих исследований над деформацией пружин различного типа. Принадлежащий ему основной закон, характеризующий упругие деформации материалов был открыт Гуком в 1660 г. и опубликован в форме анаграммы, которую он потом расшифровал так: каково растяжение, такова сила. Это была своеобразная форма закрепления за собой приоритета открытия.
3. **Журавский Дмитрий Иванович** (1821-1891) – русский инженер и ученый в области строительства, в частности мостостроения, автор проектов и строитель мостов (деревянных) на железнодорожной линии Петербург-Москва. Формулой Журавского для касательных напряжений при поперечном изгибе балки, а также дифференциальными зависимостями между изгибающим моментом, поперечной силой и интенсивностью распределенной нагрузки, основанными на теореме Журавского, пользуются и в настоящее время.

4. **Кулон (Шарль Огюстен Кулон)** (1736-1806) – французский физик, математик, военный инженер, самый крупный ученый XVIII в. В области механики упругого тела. Исследовал изгиб балок, сжатие колонн, кручение, крутильные колебания. Разработанная им теория подпорных стен до сих пор не потеряла своей ценности.
5. **Максвелл (Джемс Кларк Максвелл)** (1831-1879) – английский (шотландец по происхождению) физик. Теорема о взаимности перемещений и формула для перемещений в фермах была им доказана в 1864 г., однако его работа осталась незамеченной и практически получила применение после работы Мора (1874 г.), относящейся к самому общему случаю стержневой системы.
6. **Мор Отто** (1835-1918) – немецкий инженер, ученый механик и педагог. Мор известен в сопротивлении материалов своей универсальной формулой определения перемещений для стержневых систем, графическим анализом плоского напряженного состояния в точке (круги Мора), теорией прочности Мора.
7. **Понселе Ж.В.** (1788-1867) – французский ученый и инженер, первым ввел в практику испытания материалов, построение диаграммы растяжения и обратил большое внимание на необходимость особых испытаний материала на динамическое действие нагрузки. Понселе первым исследовал продольный удар и продольные колебания стержня, а также явления преждевременного разрушения материалов под действием переменных нагрузок. Будучи военным инженером, участвовал в походе Наполеона на Москву, попал в плен в России и прожил около двух лет в Саратове.
8. **Прандтль Людвиг** (1875-1953) – немецкий механик, впервые предложивший диаграмму идеального упруго-пластического материала.
9. **Пуассон (Симеон Дени Пуассон)** (1781-1840) – французский математик и механик. Впервые зависимость между относительной поперечной ( $\varepsilon^*$ ) и относительной продольной ( $\varepsilon$ ) деформациями была установлена Пуассоном. Эта зависимость  $|\varepsilon^*| = \nu|\varepsilon|$ , где  $\nu$  – коэффициент поперечной деформации, названный коэффициентом Пуассона. Принцип возможных перемещений к деформируемым телам впервые был применен С.Д. Пуассоном в 1833 г.
10. **Сен-Венан (Баре де Сен-Венан)** (1797-1886) – французский ученый механик, инженер. Впервые в 1860 году получил шесть уравнений совместности деформаций, поэтому он носит название уравнений Сен-Венана. Также широко использует при решении задач принцип Сен-Венана и полуобратный метод Сен-Венана.
11. **Юнг Томас** (1773-1829) – английский ученый, лингвист ( в 14 лет он знал не только современные языки, но и латинский, греческий, арабский, персидский, еврейский), философ и математик, внес большой вклад в науку о сопротивлении материалов. Он ввел впервые понятие модуля упругости, установил понятие предела пропорциональности, рассматривал довольно сложные задачи о кручении и выпучивании колонн, интересовался вопросами ударного действия нагрузок и дал решение некоторых задач внецентренного сжатия.
12. **Эйлер Леонард** (1707-1783) – швейцарец по рождению, русский ученый по характеру своей работы. В 13 лет поступил в Базельский университет, в 16 лет получил степень магистра, в 20 лет был приглашен профессором в Петербургскую Академию наук. Эйлер работал в Академии наук 45 лет – с 1727 по 1783 г. Эйлер – один из величайших математиков и механиков всех времен. В области сопротивления материалов ему принадлежит очень важное исследование форм упругих кривых (1744 г) и решение задачи об устойчивости гибкого сжатого стержня (1757 г.). Эйлер написал столько работ, что в течении сорока лет после его смерти Петербургская Академия продолжала их публикацию. В последний период

своей жизни (17 лет) Эйлер ослеп, но продолжал работать. Вся жизнь Эйлера представляет яркий пример беззаветного служения науке

## **КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ АТТЕСТАЦИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ**

### **Критерии оценки знаний**

Зачет по теоретическому курсу ставится студенту в случае, если при ответах на заданные вопросы он правильно формулирует основные понятия, сущность *рассматриваемых проблем и рекомендации по их решению*.

Зачет по практическим занятиям и лабораторным работам ставится студенту только в случае полного выполнения **всех расчетно-графических заданий** и правильных ответов на контрольные вопросы.

### **7.2. Перечень аттестационных испытаний и используемых контрольно-измерительных материалов**

• Текущий контроль знаний:

- экспресс опрос по результатам самостоятельной работы, по проведенным лабораторным работам, оценка результатов выполнения РГЗ в 5 и 6 семестрах.

• Промежуточная аттестация:

- экзамен в 5 семестре,

- зачет по дисциплине в 6 семестре.

К аттестационным испытаниям по дисциплинам с итоговой аттестацией - зачет, используемым в КРСУ относятся:

• текущий контроль знаний:

- контрольные работы по темам дисциплины;

- **расчетно-графические задания;**

- проведение и сдача лабораторных работ;

• итоговая аттестация:

- зачет.

Порядок проведения текущего контроля и итоговая аттестация соответствуют «Положению о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов в КРСУ» 2003г.

#### **Основные выдержки из Положения:**

12. Зачеты по практическим и лабораторным занятиям принимаются по мере их выполнения. Зачеты по семинарским (практическим) занятиям могут выставляться по итогам выполнения рефератов, докладов и выступлений студентов на семинарских занятиях.

14. Форма проведения экзаменов и зачетов по теоретической части дисциплины устанавливается соответствующей кафедрой. При проведении зачетов и экзаменов студенты могут использовать технические средства, справочно-нормативную литературу, наглядные пособия, учебные программы.

18. Результаты сдачи зачетов оцениваются отметкой «зачтено». Перечень дисциплин, по которым устанавливается зачет с дифференцированной оценкой, устанавливается Ученым Советом университета.

# Расчетно-графическое задание №1

## Осевое растяжение и сжатие

### Задача -1

Для статически определимого ступенчатого бетонного бруса, нагруженного сосредоточенными силами  $P_1$ ,  $P_2$  и собственным весом, требуется:

1. Найти внутренние усилия, возникающие в каждом участке бруса от действия внешних нагрузок (т.е. без учета собственного веса бруса), построить эпюры их изменения вдоль продольной оси.
2. Определить напряжение для каждого участка, построить эпюры их распределения по длине бруса. Вычислить наибольшее и наименьшее значение нормальных напряжений, возникающих в сечениях бруса.
3. Подсчитать удлинение (укорочение) каждого участка и построить их эпюры по длине бруса. Определить полное удлинение без учета сил собственного веса бруса.
4. Пункты 1, 2 и 3 повторить с учетом собственного веса бруса. По наибольшим и наименьшим значениям нормальных напряжений, а также по величине полного удлинения бруса провести оценку влияния собственного веса в сравнении со случаем без его учета, т.е. только от внешних сил  $P_1$ ,  $P_2$ .

Исходные данные для расчета приведены в таблице 1, а варианты расчетных схем на рис.1 и рис.2

Таблица 1.

№ группы	$P_1$ (кН)	$P_2$ (кН)	$a$ (м)	$\frac{b}{a}$	$\frac{c}{a}$	$\frac{d}{a}$	$\frac{F_1}{(см^2)}$	$\frac{F_2}{F_1}$	$\frac{F_3}{F_1}$
1	10	40	3	1	0,5	1	12	2	1
2	20	50	2	2	1,5	0,5	11	1	2
3	30	60	1	2	3	4	13	1,5	3
4	40	50	2	3	1	2	15	2	1,5
5	70	20	3	0,5	1	0,5	14	1,5	1,5
6	80	30	2	3	0,5	1	16	2	2
7	50	70	3	1	2	0,5	17	3	1
8	40	20	0,5	2	3	2	18	1	2
9	60	30	1	1,5	2	1	19	1,5	1
10	80	40	2	1	3	2	20	3	2

## Задача -2

Для заданной статически неопределимой стержневой системы, состоящей из абсолютно жесткого бруса (на расчетной схеме абсолютно жесткий брус заштрихован), поддерживаемого стальными стержнями 1 и 2 требуется:

1. Вычислить величину расчетной силы, состоящую из суммы постоянной  $P_{пост}$  ( $q_{пост}$ ) и временной  $P_{вр}$  ( $q_{вр}$ ) нагрузки. При

определении расчетной силы коэффициенты надежности принять равными для постоянной нагрузки  $f_{пост} = 1,1$  и временной  $f_{вр} = 1,4$ .

2. Определить усилия, возникающие в стержнях 1 и 2 от действия расчетной нагрузки.
3. Исходя из условия прочности  $R = 210 \text{ МПа}$  подобрать поперечные сечения упругих стержней, состоящих из двух равнобоких уголков. При подборе сечения обеспечить заданное соотношение площадей  $F_1/F_2$ , где  $F_1$  и  $F_2$  площади поперечных сечений 1 и 2 стержней. Расчетное сопротивление материала стержней равно  $R = 210 \text{ МПа}$ . По методу предельных состояний определить максимальную грузоподъемность системы  $P_{предв}$ , приняв предел текучести  $\sigma = 230 \text{ МПа}$  и полученную величину  $P_{предв}$  сравнить с величиной расчетной силы  $P_{расч}$ .

Исходные данные для расчета взять из таблицы 2, варианты расчетных схем приведены на рис.3 и рис.4.

Таблица 2.

№ группы	$a$ (м)	$\frac{b}{a}$	$\frac{F_1}{F_2}$	$\frac{P_{пост}}{\text{кН}}$	$\frac{P_{вр}}{\text{кН}}$
1	1,0	2,0	2,0	8,0	20,0
2	1,5	1,0	1,5	12,0	18,0
3	3,0	0,5	1,2	15,0	40,0
4	1,8	1,0	1,4	16,0	24,0
5	1,2	3,0	1,5	12,0	28,0
6	2,4	2,5	2,0	10,0	40,0
7	3,0	1,5	1,6	15,0	25,0
8	1,0	0,5	2,2	25,0	35,0
9	1,0	1,5	2,0	15,0	30,0
10	3,0	2,0	1,2	20,0	30,0

### Задача – 3

Для статически неопределимой стержневой системы рассмотренной в задаче 2 (рис.3 и рис. 4) определить:

1. Напряжения, возникающие в рабочих стержнях 1 и 2, если внешняя нагрузка ( $p$  или  $q$ ) отсутствует, а температура стержней повышается на  $50^\circ\text{C}$ .
2. Полные напряжения в стержнях от совместного действия внешних нагрузок и температуры. Оценить изменения напряжения от

температурного воздействия и степень опасности данного изменения с точки зрения прочности каждого стержня.

Собственным весом абсолютно жесткого (заштрихованного) бруса пренебречь.

Стержни 1 и 2 изготовлены из стальных равнобоких уголков и имеют площади поперечных сечений, найденные в задаче 2.

#### Задача – 4

Абсолютно жесткий (заштрихованный) брус поддерживается в заданном проектном положении с помощью двух упругих стержней (см. рис.3 и рис.4 в задаче 2). Внешняя нагрузка  $p$  (или  $q$ ) отсутствует. Первый стержень выполнен короче проектного размера на величину,  $\delta = 0,7\text{мм}$ .

1. Найти величину напряжений в стержнях, возникающих после сборки конструкции.
2. Определить изменения напряжений от расчетных нагрузок в стержнях (найденных в задаче 2) за счет наличия зазора ( $\delta$ ) после сборки.
3. Оценить степень опасности указанных изменений напряжения для каждого стержня.

Некоторые справочные данные для решения задач 1, ..., 4 приведены в таблице 3.

Таблица 3

Величины	Сталь	Медь	Дюралюминий
Модуль упругости $E(\text{МПа})$	$2 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^5$	$0,7 \cdot 10^5$
Предел текучести $\sigma_T(\text{МПа})$	240	150	210
Коэффициент линейного расширения ( $\text{град}^{-1}$ )	$1,25 \cdot 10^{-5}$	$1,65 \cdot 10^{-5}$	$2,4 \cdot 10^{-5}$
Коэффициент Пуассона	0,30	0,33	0,30
Для бетона удельный вес $\gamma = 20 \text{кН} / \text{м}^3$ ; расчетное сопротивление $R_c = 20 \text{МПа}$ ; модуль упругости $E_\delta = 3 \cdot 10^4 \text{МПа}$			

## РАСЧЕТНО-ПРОЕКТИРОВОЧНОЕ ЗАДАНИЕ №2 по сопротивлению материалов

Геометрические характеристики плоских сечений.

## Определение внутренних усилий и расчет на прочность при изгибе

### Задача -5

#### Геометрические характеристики плоских сечений

Для заданного несимметричного сечения, составленного из стальных прокатных элементов, требуется:

- Определить положение центра тяжести всего сечения и провести центральные оси.
- Найти величины осевых и центробежного моментов инерции всего сечения относительно центральных осей.
- Установить направление главных осей инерции.
- Вычислить значения главных моментов инерции и выполнить их проверку.

Исходные данные для решения задачи приведены в таблице 4 и на рис.5 и 6.

Таблица №4

№ групп	В вертикаль ный уголок	Г Горизонталь ный уголок	Н неравнобо кий уголок	Р равнобо кий уголок	Д двутавр	Ш Швеллер
1	40 × 2,0	30 × 1,5	20/12,5/1, 1	25/1,6	40	40
2	40 × 2,0	35 × 1,6	18/11/1,0	20/1,6	30	30
3	40 × 2,0	25 × 1,2	16/10/0,9	22/1,4	36	36
4	40 × 2,0	20 × 1,0	14/9,0/0,8	16/1,2	24	24
5	40 × 2,0	28 × 0,8	10/10/0,9	14/1,0	22	22
6	40 × 2,0	30 × 1,2	14/9,0/0,8	12,5/1, 0	20	20
7	40 × 2,0	26 × 2,0	18/11/1,2	18/1,2	24а	24а
8	40 × 2,0	24 × 2,0	16/10/1,2	16/1,6	27	18
9	40 × 2,0	22 × 1,8	12,5/8/1,0	14/1,2	27а	18а
10	40 × 2,0	20 × 2,0	10/6,3/1,0	10/1,4	33	33

### Задачи -6 и 7

#### Определение внутренних усилий и расчеты на прочность при изгибе

Условие задачи

Для заданных двух схем балок, приведенных на рис. 7, ..., 10 требуется:

1. Определить через параметры «q» и «a» опорные реакции, составить уравнения поперечных сил «Q», изгибающих моментов «M» для каждого участка и построить их эпюры по всей длине бруса.
2. Произвести проверку построенных эпюр «Q» и «M» по известным правилам, вытекающим из дифференциальных зависимостей между внутренними усилиями при изгибе (из теорем Журавского). Указать положение опасного сечения балки.
3. Для задачи-6, исходя из условия прочности, подобрать необходимые размеры прямоугольного поперечного сечения деревянной балки при заданном соотношении  $h/b$  и величине расчетного сопротивления  $R = 10 \text{ МПа}$ .
4. Для задачи 6 из условия прочности балки подобрать необходимый номер стального прокатного двутавра. Расчетное сопротивление двутавра принимать равным  $R = 210 \text{ МПа}$ .

Исходные данные для расчета взять из таблицы – 5, варианты расчетных схем приведены на рис. 7, ..., 10.

Таблица 5.

№ группы	$\frac{p}{qa}$	$\frac{M}{qa^2}$	К задаче 6			К задаче 7	
			$q \left(\frac{kH}{м}\right)$	$a(м)$	$\frac{h}{b}$	$q \left(\frac{kH}{м}\right)$	$a(м)$
1	1	2	10	2	2	20	3
2	2	1	15	1.5	1.5	30	2
3	1.5	1.5	8.0	2	2	25	2
4	2	2	20	1.5	1.5	30	2.5
5	1	1.5	15	32.5	32.5	20	2.5
6	1.5	1	25	2.5	2.5	25	3
7	1	2	15	2	2	10	3
8	1.8	1.6	10	3/2	3/2	15	3
9	1.2	1.2	20	3	3	20	2
10	1.5	2	7.5	2	2	35	1.5

## РАСЧЕТНО-ПРОЕКТИРОВОЧНОЕ ЗАДАНИЕ №3 по сопротивлению материалов

**Определение внутренних усилий и построение эпюр при изгибе составной балки, брусьев с ломанной продольной осью (рам) и стержня с участком криволинейной продольной осью**

**Расчетно-графическое задание  
№3**

**Задачи – 8,9, 10, 11**

**Тема:** Определение внутренних усилий и построение их эпюр при изгибе составной балки, брусьев с ломанной продольной осью (рам) и стержней с криволинейной продольной осью.

Условие задачи

Для расчетных схем, представленных в задачах 8,9,10, 11 многопролетной продольной осью требуется:

1. Учитывая особенность условий закрепления составной балки (задача -8) принять ее поэтапную расчетную, определить реакцию связей, составить уравнения  $Q$  и  $M$  для каждого участка и построить их эпюры.
2. Для рам (брусьев с ломанной продольной осью) определить опорные реакции, составить уравнения поперечных сил  $Q$ , изгибающих моментов  $M$  и построить их эпюры.
3. Проверить построенные эпюры по правилам, вытекающим из теорем Журавского, а также из условия равновесия внутренних усилий в узлах рам и стержня с криволинейным участком.

Варианты расчетных схем задач – 8,..., 11 приведены на рис.11-18. Исходные данные взять из таблицы 5. Эпюры  $Q$  и  $M$  необходимо построить через параметры нагрузок « $q$ » и « $a$ ».

**РАСЧЕТНО-ПРОЕКТИРОВОЧНОЕ  
ЗАДАНИЕ №4  
по сопротивлению материалов**

**Определение перемещений и расчеты на жесткость при изгибе балок. Задача 12.**

**Внутреннее растяжение и сжатие. Задача 13.**

**Продольно-поперечный изгиб и устойчивость длинных стержней. Задача 14.**

## РАСЧЕТНО-ПРОЕКТИРОВОЧНОЕ ЗАДАНИЕ №4

### Задача 12

**Тема:** Определение перемещений и расчет на жесткость при изгибе балок.

#### Условие задачи

Для заданной балки при численных значениях нормативных нагрузок и размеров требуется:

1. Определить опорные реакции и построить эпюры  $Q$  и  $M$ .
2. Подобрать сечение балки из стального прокатного двутавра по методу предельных состояний. При определении расчетного момента принять, что половина заданной нагрузки постоянная (коэффициент надежности действия нагрузки  $f_n = 1.1$ ), упругая половина временная нагрузка (коэффициент надежности действия нагрузки  $f_{sp} = 1.4$ ).
3. Используя метод начальных параметров определить прогибы (линейное перемещение) « $U$ » и угол поворота  $\theta$  в характерных сечениях балки построить упругую линию (изогнутую ось) и углов поворота сечений балки (эпюры « $U$ » и « $Q$ »).
4. Найти величину максимального прогиба и эту величину проверить двумя другими методами: с помощью интеграла Максвелла-Мора и способом Верещагина
5. По найденной величине максимального прогиба подобрать двутавровое сечение балки по второй группе предельных состояний. Полученное сечение сравнить с результатами, полученными в пункте 2 и принять окончательный номер двутавра, удовлетворяющий обе группы предельных состояний. Для принятого сечения определить разрушающий изгибающий момент из условия несущей способности балки.

### Задача 13

**Тема:** Внецентренное растяжение и сжатие.

Для короткого стержня с поперечным сечением по схеме № и размерами согласно строке №, нагруженного расчетной сжимающей силой  $P$ , приложенной в точке требуется:

1. Найти центр тяжести поперечного сечения, определить величину главных моментов инерции.
2. Провести силовую линию, определив положение нулевой линии и координаты напряженных сжатых и растянутых точек сечения.
3. Определить величину расчетной сжимающей силы  $P$  при условии, чтобы наибольшее сжимающее напряжение не превосходило расчетного сопротивления  $R_{сж} = 5 \text{ МПа}$ , а наибольшее растягивающее напряжение не превышало  $R_p = 1 \text{ МПа}$ . Построить эпюру нормальных напряжений от силы  $P$ .
4. Проверить напряжение в основании столба (в месте сопряжения его с фундаментом) с учетом собственного веса. Построить эпюру напряжений от собственного веса и суммарную эпюру напряжений.

Таблица

Размеры поперечных сечений			
№ строки	$a, \text{ м}$	Высота столба, $\text{м}$	Объемный вес, $\text{кН/м}^3$
1	0,6	5,0	16,0
2	0,8	4,5	17,0
3	1,0	6,0	18,0
4	1,2	6,5	19,0
5	1,4	7,0	20,0
6	1,6	7,5	21,0

#### Задача – 14

**Тема:** Продольно-поперечный изгиб и устойчивость длинных стержней  
 Вертикальная стойка загружена осевой силой  $N$  и горизонтальной поперечной нагрузкой. Схема стойки и опорные закрепления показаны на рисунке. Размеры стойки, значения нормативных вертикальных и горизонтальных нагрузок приведены в табл.

В каждой трети высоты стойки имеются жесткие связи, препятствующие перемещению точек из плоскости конструкции.

Для заданной стойки требуется:

1. Подобрать сечение из стального двутавра или двух рядом стоящих швеллеров по методу предельных состояний. При определении расчетной нагрузки принять, что  $1/3$  нормативной осевой силы является постоянной нагрузкой

(коэффициент надежности  $\gamma_{f1} = 1.1$ ),  $2/3$  осевой силы временная нагрузка (коэффициент надежности  $\gamma_{f2} = 1.4$ ). Вся горизонтальная нагрузка является временной ( $\gamma_{f2} = 1.4$ ). При расчете на продольный изгиб из плоскости за расчетную длину принимать расстояние между связями  $l_1 = l/3$ .

2. Рассчитать стойку на продольно-поперечный изгиб и проверить напряжение в наиболее опасном сечении с учетом продольной и поперечной нагрузок. Если подобранное в п.1 сечение не удовлетворяет требованиям прочности, то изменить его таким образом, чтобы удовлетворялось условие  $\sigma \leq R$ .

Прогиб стойки в опасном сечении от поперечной нагрузки ( $v_0$ ) определяется любым методом.

Расстояние между швеллерами определяется из условия равноустойчивости относительно главных центральных осей инерции сечения. В расчетах принимать  $R = 210 \text{ МПа}$ . Данные приведены в таблице 10.

Таблица 10

№ групп	№№ по списку группы	$l, м$	$N^H, кН$	$q^H, кН/м$	$p^H, кН$
1	1-12	6,0	350	4	6
	13-24	6,3	300	5	7
	25-36	6,6	400	5	10
2	1-12	5,7	450	4	8
	13-24	4,8	350	3	10
	25-36	6,3	250	4	12
3	1-12	5,7	480	6	10
	13-24	6,0	650	4	15
	25-36	6,3	450	6	12
4	1-12	4,8	600	7	18
	13-24	7,2	350	5	12
	25-36	6,6	400	4	20
5	1-12	5,7	250	5	12
	13-24	4,8	650	6	8
	25-36	5,4	500	7	6
6	1-12	6,3	350	4	12
	13-24	5,7	300	5	8
	25-36	4,8	500	6	10