

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г.ШУХОВА»**



УТВЕРЖДАЮ  
Директор института  
Уваров В.А.

« 20 » мая 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
**дисциплины (модуля)**

Сопротивление материалов  
(наименование дисциплины, модуля)

направление подготовки (специальность):

23.03.02 – Наземные транспортно-технологические комплексы

Направленность программы (профиль, специализация):

23.03.02-02 – Машины и оборудование природообустройства и защита  
окружающей среды

Квалификация (степень)

бакалавр

Форма обучения

очная

**Институт: Архитектурно строительный**

**Кафедра: Теоретической механики и сопротивления материалов**

Белгород – 2021

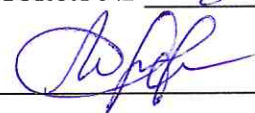
Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования 23.03.02 – Наземные транспортно-технологические комплексы (уровень бакалавриата), утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 935 от 11.08.2020 г.
- плана учебного процесса БГТУ им. В.Г. Шухова, введенного в действие в 2021 году.

Составитель (составители): к.т.н., доц.  (Клюев А.В.)

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

« 12 » 05 2021г., протокол № 8

Заведующий кафедрой: к.т.н., доц.  (Дегтярь А.Н.)

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой

Кафедра технологических комплексов, машин и механизмов

Заведующий кафедрой: д.т.н., проф.  (Севостьянов В.С.)

« 14 » 05 2021г. протокол № 10

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

« 27 » 05 2021г., протокол № 10

Председатель: к.т.н., доц.  (Феоктистов А.Ю.)

## 1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине
<b>ОПК-5</b> Способен принимать обоснованные технические решения, выбирать эффективные и безопасные технические средства, и технологии при решении задач профессиональной деятельности.	<b>ОПК-5.1</b> Применяет методики расчёта элементов объектов общепрофессиональной деятельности с целью определения их характеристик по прочности, жёсткости, устойчивости	<b>Знания:</b> основные методики и принципы расчета элементов конструкций на прочность, жесткость и устойчивость; <b>Умения:</b> выполнять статические и прочностные расчёты элементов сооружений на прочность, жесткость и устойчивость; <b>Навыки:</b> навыками расчета элементов строительных конструкций и сооружений на прочность, жесткость, устойчивость.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

**1. Компетенция ОПК-5.** Способен принимать обоснованные технические решения, выбирать эффективные и безопасные технические средства, и технологии при решении задач профессиональной деятельности.

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами:

Стадия	Наименование дисциплины
1	Материаловедение и технология конструкционных материалов
2	Детали машин и основы конструирования
3	Теория механизмов и машин
4	Производственная технологическая (производственно-технологическая) практика

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зач. единиц, **144** часов.

Форма промежуточной аттестации зачет

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 3
Общая трудоемкость дисциплины, час	144	
<b>Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:</b>	71	71
лекции	34	34
лабораторные	17	17
практические	17	17
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации	3	3
<b>Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:</b>	73	73
Курсовой проект		
Курсовая работа		
Расчетно-графическое задания	18	18
Индивидуальное домашнее задание		
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	55	55
Экзамен		

### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 4.1 Наименование тем, их содержание и объем

#### Курс 2 Семестр 3

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
1.	<b>Основные понятия и определения</b>				
	Объекты, изучаемые в сопромате. Классификация внешних нагрузок. Расчетные схемы конструкций. Внутренние силы и их определение (метод сечений). Деформации и перемещения. Основные гипотезы, принимаемые в сопромате. Напряжения и интегральные выражения внутренних усилий через напряжения.	4	4		6

<b>2. Растяжение и сжатие</b>					
	<p>Напряжения и деформации при растяжении-сжатии. Закон Гука и коэффициент Пуассона. Механические свойства материалов при растяжении-сжатии: диаграммы растяжения и сжатия пластичных и хрупких материалов, основные механические характеристики, явление наклепа. Допускаемые напряжения. Коэффициент запаса. Основные виды задач в сопротивлении материалов.</p> <p>Понятие о статически определимых и статически неопределимых конструкциях. Начальные (монтажные) и температурные напряжения в статически неопределимых конструкциях.</p> <p>Понятие о концентрации напряжений. Теоретический коэффициент концентрации напряжений.</p> <p>Потенциальная энергия деформации при растяжении-сжатии.</p>	4	1	9	11
<b>3. Геометрические характеристики плоских сечений</b>					
	<p>Статические моменты сечения. Осевые, полярный и центробежный моменты инерции. Моменты инерции простейших сечений относительно центральных осей.</p> <p>Зависимость между моментами инерции для параллельных осей. Изменение моментов инерции при повороте осей. Главные оси и главные моменты инерции.</p>	4	1		2
<b>4. Напряженное и деформированное состояние в точке</b>					
	<p>Понятие о напряженном состоянии в точке и его видах. Линейное напряженное состояние. Напряжения в наклонных сечениях. Плоское напряженное состояние. Прямая и обратная задачи. Понятие об объемном напряженном состоянии.</p> <p>Обобщенный закон Гука. Объемная деформация.</p> <p>Удельная потенциальная энергия. Удельные потенциальные энергии, связанные с изменением объема и формы тела.</p>	2			3
<b>5. Изгиб прямого стержня</b>					
	<p>Основные понятия. Дифференциальные зависимости между поперечной силой, изгибающим моментом и интенсивностью равномерно распределенной нагрузки.</p> <p>Нормальные напряжения при чистом и поперечном изгибах. Рациональное сечение балок.</p> <p>Касательное напряжение при изгибе. Формула Журавского.</p> <p>Главные напряжения при изгибе.</p> <p>Дифференциальное уравнение оси изогнутого бруса. Непосредственное интегрирование дифференциального уравнения оси изогнутого бруса. Метод начальных параметров.</p>	2	2	4	8
<b>6. Сдвиг</b>					
	<p>Напряжения и деформации при чистом сдвиге. Закон Гука при чистом сдвиге.</p> <p>Расчет заклепочных и сварных соединений.</p>	2		2	3
<b>7. Кручение</b>					
	<p>Напряжения и деформации при кручении бруса круглого поперечного сечения. Расчеты на прочность и жесткость. Анализ напряженного состояния при кручении.</p>	2	2	2	4

<b>8. Теории прочности</b>					
	Назначение теорий прочности. Классические теории прочности. Теория прочности Мора.	2			2
<b>9. Сложное сопротивление</b>					
	Особенности расчета конструкций на прочность и жесткость при сложном сопротивлении. Косой изгиб. Определение напряжений и положения нейтральной линии, проверка прочности сечения, определение перемещений. Внецентренное растяжение (сжатие). Определение напряжений и положения нейтральной линии, проверка прочности. Ядро сечения. Изгиб с кручением и растяжением (сжатием).	2	2		6
<b>10. Общие методы определения перемещений в упругих системах</b>					
	Потенциальная энергия упругой деформации при произвольной нагрузке. Теоремы о взаимности работ и взаимности перемещений. Теорема Кастилиано. Определение перемещений произвольно нагруженного бруса по интегралам Мора. Определение перемещений по правилу Верещагина.	2	1		2
<b>11. Метод сил</b>					
	Расчет плоских рам. Расчет неразрезных балок. Уравнение трех моментов.	2	4		2
<b>12. Устойчивость сжатого стержня</b>					
	Понятие об устойчивости. Формула Эйлера для критической силы. Влияние условий закрепления на величину критической силы. Пределы применимости формулы Эйлера. Формула Ясинского. Полный график критических напряжений. Расчеты сжатых стержней на устойчивость при помощи коэффициента уменьшения основного допускаемого напряжения. Понятие о продольно-поперечном изгибе.	2			2
<b>13. Расчеты на прочность и жесткость при динамических нагрузках</b>					
	Колебания упругих систем. Основные понятия и определения. Свободные колебания упругой системы с одной степенью свободы. Вынужденные колебания упругой системы с одной степенью свободы. Расчеты при ударной нагрузке. Влияние собственного веса конструкции на расчеты при динамических нагрузках. Способы снижения динамических напряжений.	2			3
<b>14. Расчеты при повторно-переменных напряжениях</b>					
	Характеристики циклов переменных напряжений. Усталость материалов. Предел выносливости при симметричном цикле. Кривая Велера. Усталостная долговечность при несимметричном цикле. Диаграмма предельных амплитуд. Основные факторы, влияющие на усталостную долговечность.	2			1
	<b>ВСЕГО</b>	<b>34</b>	<b>17</b>	<b>17</b>	<b>55</b>

## 4.2. Содержание практических занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во часов	К-во часов СРС
семестр № 3				
1	Основные понятия и определения	Определение опорных реакций для балок, рам и валов		2
2		Построение эпюр внутренних усилий для балок	2	2
3		Построение эпюр внутренних усилий для плоских рам	2	2
4	Растяжение и сжатие	Расчеты на прочность и жесткость при растяжении-сжатии стержня	1	2
5	Геометрические характеристики плоских сечений	Определение геометрических характеристик для плоских сечений	1	2
6	Изгиб прямого стержня	Расчет статически определимой балки на прочность	2	2
7		Определение линейных и угловых перемещений в однопролетной балке		2
8	Сдвиг	Расчет заклепочных и сварных соединений		1
9	Кручение	Расчеты на прочность и жесткость стержней круглого поперечного сечения	2	2
10	Сложное сопротивление	Особенности расчета конструкций на прочность и жесткость при сложном сопротивлении.	2	2
11		Внецентренное растяжение-сжатие брусев		2
12		Совместное действие изгиба и кручения		2
13	Общие методы определения перемещений в упругих системах	Определение перемещений с помощью правила Верещагина	1	2
14	Метод сил	Расчет статически неопределимых балок методом сил	2	2
15		Расчет статически неопределимых рам методом сил	2	2
16	Устойчивость сжатого стержня	Подбор сечений и определение критической силы при расчетах на устойчивость сжатого стержня		2
17	Расчеты на прочность и жесткость при динамических нагрузках	Определение напряжений и перемещений при упругих колебаниях		1
18		Определение напряжений и перемещений при ударных нагрузках		2
ВСЕГО:			17	34

### 4.3. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	К-во часов	К-во часов СРС
семестр № 3				
1	Растяжение и сжатие	Испытание на растяжение стандартного стального образца	2	2
2		Испытание на сжатие пластичных и хрупких материалов	2	2
3		Испытание на сжатие дерева	1	1
4		Определение упругих постоянных	2	2
5		Опытное определение коэффициента концентрации напряжений	2	2
6	Изгиб прямого стержня	Испытание стальной балки на поперечный изгиб	2	2
7		Определение перемещений балки при изгибе	2	2
8	Сдвиг	Испытание на срез стального и деревянного образцов	2	2
9	Кручение	Испытание стального образца на кручение в пределах упругих деформаций	2	2
ВСЕГО:			17	17

### 4.4. Содержание курсового проекта/работы

Не предусмотрены учебным планом

### 4.5. Содержание расчетно-графического задания, индивидуальных домашних заданий

Учебным планом в 3 семестре предусмотрено одно индивидуальное домашнее задание с объемом самостоятельной работы студента (СРС) - 18 ч.

Тема индивидуального домашнего задания – "Расчет статически определимой балки при изгибе".

Это комплексная работа по наиболее сложной теме семестра. Выполняется на основании выданной преподавателем расчетной схемы балки с двумя формами поперечных сечений. Дает навыки практических расчетов на прочность и жесткость.

Для заданной балки требуется:

- 1) построить эпюры  $Q_y$  и  $M_z$ ;
- 2) подобрать два заданных поперечных сечения балки при  $\sigma_{adm} = 160 \text{ МПа}$ , построить для всех сечений эпюры нормальных напряжений;
- 3) выбрать рациональное сечение балки (последующие пункты выполнять только для него);
- 4) проверить прочность сечения по касательным напряжениям, полагая  $\tau_{adm} = 0,6 \sigma_{adm}$ , и построить эпюру касательных напряжений;
- 5) проверить прочность сечения по главным напряжениям;
- 6) вычислить прогибы балки (на границах участков) при  $E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$  и построить упругую линию;
- 7) проверить жесткость балки.

Задание оформляется на листах формата А4 (объем - 3-5 листов) и содержит все необходимые расчеты, а также поясняющие схемы.



## 5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 5.1. Реализация компетенций

**1. Компетенция ОПК-5.** Способен принимать обоснованные технические решения, выбирать эффективные и безопасные технические средства, и технологии при решении задач профессиональной деятельности.

Наименование индикатора (показателя оценивания)	Используемые средства оценивания
ОПК-5.1 Применяет методики расчёта элементов объектов общепрофессиональной деятельности с целью определения их характеристик по прочности, жёсткости, устойчивости	собеседование, тестирование, защита лабораторных работ, защита РГЗ, разноуровневые задачи и задания, зачет.

### 5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

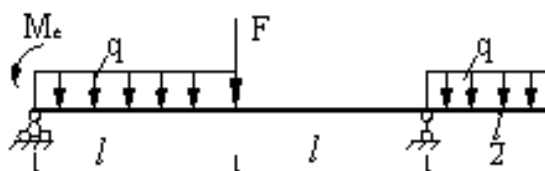
#### 5.2.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий) зачета

**Промежуточная аттестация** осуществляется в конце 3 семестра после завершения изучения дисциплины в форме **зачета**.

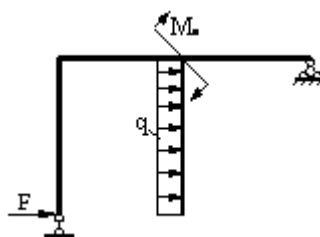
К зачету допускаются студенты выполнившие и защитившие расчетно-графическое задание, а также все лабораторные работы.

#### *Типовые задачи к зачету*

Для заданной балки требуется построить эпюры  $Q_y$  и  $M_z$ ;



Для заданной рамы требуется построить эпюры  $N_x$ ,  $Q_y$  и  $M_z$ ;



*Перечень вопросов для подготовки к зачету*

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
<b>Компетенция ОПК-5</b>		
1.	Основные понятия и определения	<p>Что называется брусом, оболочкой, пластинкой, массивом?</p> <p>По каким признакам и как классифицируются внешние нагрузки?</p> <p>Что представляет собой расчетная схема и чем она отличается от реальной конструкции?</p> <p>Что называется осью бруса?</p> <p>Что представляют собой внутренние усилия? Перечислить их.</p> <p>В чем сущность метода сечений?</p> <p>Дать понятие о деформациях.</p> <p>Какие деформации называются упругими, а какие пластическими?</p> <p>Дать понятие о линейной деформации.</p> <p>Что называется угловой деформацией?</p> <p>Дать понятие о перемещениях.</p> <p>Перечислить основные гипотезы, используемые в сопромате.</p> <p>Сформулировать гипотезы сплошности, однородности и изотропии, абсолютной упругости.</p> <p>Сформулировать гипотезы о малости деформаций, линейной зависимости между нагрузками и перемещениями.</p> <p>Дать понятие о принципе суперпозиции.</p> <p>Дать понятие о напряжениях.</p> <p>Как связаны напряжения с внутренними усилиями?</p>
2.	Растяжение и сжатие	<p>При каких условиях нагружения бруса имеет место растяжение (сжатие) и какие внутренние усилия возникают при этом в поперечных сечениях?</p> <p>Какие напряжения возникают в поперечных сечениях бруса при растяжении (сжатии) и как они вычисляются?</p> <p>Сформулировать гипотезу плоских сечений и принцип Сен-Венана.</p> <p>Какие деформации имеют место при растяжении (сжатии) бруса?</p> <p>Дать понятие о коэффициенте Пуассона и законе Гука при растяжении (сжатии).</p> <p>Что называется жесткостью сечения бруса при растяжении (сжатии)? Что называется модулем упругости? Как он влияет на величину деформаций бруса?</p> <p>Как можно вычислить абсолютную продольную деформацию бруса ступенчато-переменного сечения, если продольные силы постоянны в пределах отдельных участков?</p> <p>Брус с жесткостью сечений <math>EА</math> жестко заделан на одном из торцов и сжимается осевой силой <math>F</math>, приложенной посередине его длины. Построить для бруса эпюры продольных сил и нормальных напряжений.</p> <p>В каких координатах строится диаграмма растяжения</p>

		<p>(сжатия)? Какое явление называется наклепом?</p> <p>Чем отличаются диаграммы растяжения пластичных и хрупких материалов от диаграмм сжатия?</p> <p>Каковы особенности деформирования и разрушения пластичных и хрупких материалов при растяжении (сжатии)?</p> <p>Дать понятие о пределах пропорциональности, упругости, текучести и о временном сопротивлении. Что называется площадкой текучести?</p> <p>Что называется допускаемым напряжением? Как оно определяется для пластичных и хрупких материалов?</p> <p>Что называется коэффициентом запаса прочности, и от каких основных факторов зависит его величина?</p> <p>Охарактеризовать три основных вида задач, рассматриваемых в сопромате при расчетах на прочность.</p> <p>Дать понятие о статически определимых и статически неопределимых системах.</p> <p>Что называется степенью статической неопределимости системы? Каковы особенности расчета статически неопределимых систем?</p> <p>Как определяются начальные (монтажные) напряжения?</p> <p>Как определяются температурные напряжения?</p> <p>Что называется концентрацией напряжений? Когда она возникает?</p> <p>Дать понятие о теоретическом коэффициенте концентрации напряжений. Почему концентрация напряжений менее опасна для пластичных материалов?</p> <p>Как определяется потенциальная энергия деформации при растяжении (сжатии)?</p>
3.	Геометрические характеристики плоских сечений	<p>Дать понятие о статических моментах и моментах инерции сечения.</p> <p>Каким образом определяются координаты центра тяжести сложного сечения? Какую размерность имеют статические моменты, моменты инерции?</p> <p>Чему равны моменты инерции относительно центральных осей для простейших сечений?</p> <p>Как вычисляются моменты инерции сечения для параллельных осей?</p> <p>Через вершину и противоположную сторону треугольника проведены две параллельные оси. Для какой из этих осей момент инерции будет больше и почему?</p> <p>Как изменяются моменты инерции сечения при повороте осей?</p> <p>Дать понятие о главных осях и главных моментах инерции сечения.</p>
4.	Напряженное и деформированное состояние в точке	<p>Дать понятие о напряженном состоянии в точке и его видах.</p> <p>Что называется главными напряжениями и главными площадками? Чему равны касательные напряжения на главных площадках?</p> <p>Как определяются напряжения в наклонных сечениях при линейном напряженном состоянии?</p> <p>Дать понятие о прямой и обратной задачах в теории напряженного состояния. При каких условиях нагружения</p>

		<p>имеет место линейное, а при каких – плоское напряженное состояние?</p> <p>Как определяются напряжения при плоском напряженном состоянии в прямой задаче?</p> <p>Как вычисляются величины и направления напряжений в обратной задаче при плоском напряженном состоянии?</p> <p>Как определяются экстремальные касательные напряжения при плоском напряженном состоянии?</p> <p>Дать понятие об объемном напряженном состоянии.</p> <p>Какими зависимостями связаны напряжения, действующие на двух взаимно перпендикулярных площадках, проходящих через рассматриваемую точку? Указать правило знаков для напряжений.</p> <p>Сформулировать обобщенный закон Гука.</p> <p>Дать понятие об объемной деформации.</p> <p>Дать понятие об удельной потенциальной энергии. Из каких частей она состоит?</p> <p>Как определяются удельные потенциальные энергии деформации, связанные с изменением объема и формы тела?</p>
5.	Изгиб прямого стержня	<p>Дать понятие о чистом, поперечном и плоском изгибах.</p> <p>Какой вид имеют дифференциальные зависимости между поперечной силой, изгибающим моментом и интенсивностью равномерно распределенной нагрузки при изгибе?</p> <p>Чему равна поперечная сила в сечениях балки, в которых изгибающий момент достигает экстремальных значений? Почему?</p> <p>Какой вид имеет эпюра изгибающих моментов на участке балки, где поперечная сила равна нулю? Почему?</p> <p>Привести формулу нормальных напряжений при изгибе. Какой вид имеют эпюры этих напряжений для сечений симметричных и несимметричных относительно горизонтальной оси?</p> <p>Дать понятие о рациональном сечении балок.</p> <p>Что называется жесткостью и моментом сопротивления сечения при изгибе? Какова размерность момента сопротивления?</p> <p>По какой формуле вычисляются касательные напряжения при изгибе?</p> <p>Какой вид имеют эпюры касательных напряжений для прямоугольного, круглого и двутаврового сечений?</p> <p>Как определяются главные напряжения при изгибе?</p> <p>Как направлены главные площадки на уровне нейтрального слоя и в точках наиболее удаленных от него при изгибе балки?</p> <p>Записать и объяснить условия прочности балки по нормальным, касательным и главным напряжениям.</p> <p>Какие перемещения получают поперечные сечения балки при изгибе? Как эти перемещения связаны между собой?</p> <p>Дать понятие о дифференциальном уравнении оси изогнутого бруса (точном и приближенном).</p> <p>Дать понятие о решении дифференциального уравнения оси изогнутого бруса методом непосредственного интегрирования.</p>

		<p>Как из выражения прогибов можно получить выражения для определения углов поворота сечений, изгибающих моментов и поперечных сил?</p> <p>Записать общее выражение для определения прогибов по методу начальных параметров и объяснить, как им пользоваться. Из каких условий определяются значения начальных параметров?</p>
6.	Сдвиг	<p>Дать понятие о сдвиге.</p> <p>Как определяются напряжения в поперечных сечениях и главные напряжения при сдвиге?</p> <p>Записать условия прочности при сдвиге.</p> <p>Какие деформации имеют место при сдвиге?</p> <p>Чему равна объемная деформация при чистом сдвиге?</p> <p>Дать понятие о законе Гука при сдвиге.</p> <p>Как связаны модули упругости при растяжении и при сдвиге?</p> <p>Дать понятие о расчете заклепочных и сварных соединений.</p>
7.	Кручение	<p>Напряжения и деформации при кручении бруса круглого поперечного сечения. Расчеты на прочность и жесткость.</p> <p>Анализ напряженного состояния при кручении.</p>
8.	Теории прочности	<p>Назначение теорий прочности.</p> <p>Классические теории прочности.</p> <p>Теория прочности Мора.</p>
9.	Сложное сопротивление	<p>Особенности расчета конструкций на прочность и жесткость при сложном сопротивлении.</p> <p>Косой изгиб. Определение напряжений и положения нейтральной линии, проверка прочности сечения, определение перемещений.</p> <p>Внецентренное растяжение (сжатие). Определение напряжений и положения нейтральной линии, проверка прочности. Ядро сечения.</p> <p>Изгиб с кручением и растяжением (сжатием).</p>
10.	Общие методы определения перемещений в упругих системах	<p>Потенциальная энергия упругой деформации при произвольной нагрузке.</p> <p>Теоремы о взаимности работ и взаимности перемещений.</p> <p>Теорема Кастилиано.</p> <p>Определение перемещений произвольно загруженного бруса по интегралам Мора.</p> <p>Определение перемещений по правилу Верещагина.</p>
11.	Метод сил	<p>Расчет рам методом сил.</p> <p>Расчет неразрезных балок методом сил. Уравнение трех моментов.</p>
12.	Устойчивость сжатого стержня	<p>Понятие об устойчивости сжатых стержней.</p> <p>Формула Эйлера для критической силы.</p> <p>Влияние условий закрепления на величину критической силы.</p> <p>Пределы применимости формулы Эйлера.</p> <p>Формула Ясинского. Полный график критических напряжений.</p> <p>Расчеты сжатых стержней на устойчивость при помощи коэффициента уменьшения основного допускаемого напряжения.</p> <p>Понятие о продольно-поперечном изгибе.</p>

13.	Расчеты на прочность и жесткость при динамических нагрузках	<p>Колебания упругих систем. Основные понятия и определения.</p> <p>Свободные колебания упругой системы с одной степенью свободы.</p> <p>Вынужденные колебания упругой системы с одной степенью свободы.</p> <p>Расчеты при ударной нагрузке.</p> <p>Влияние собственного веса конструкции на расчеты при динамических нагрузках. Способы снижения динамических напряжений.</p>
14.	Расчеты при повторно-переменных напряжениях	<p>Характеристики циклов переменных напряжений.</p> <p>Усталость материалов.</p> <p>Предел выносливости при симметричном цикле. Кривая Велера.</p> <p>Усталостная долговечность при несимметричном цикле.</p> <p>Диаграмма предельных амплитуд.</p> <p>Основные факторы, влияющие на усталостную долговечность.</p>

### 5.2.2. Перечень контрольных материалов для защиты расчетно-графического домашнего задания

#### Компетенция ОПК-5

1. В чем заключается метод сечений.
2. Изгиб прямых брусьев. Основные понятия и определения.
3. Правила знаков. Дифференциальные зависимости при изгибе.
4. Нормальные напряжения при чистом изгибе.
5. Осевые моменты сопротивления при изгибе.
6. Нормальные напряжения при поперечном изгибе.
7. Касательные напряжения при изгибе. Формула Журавского.
8. Распределение касательных напряжений по высоте сечений различной формы.
9. Главные напряжения при изгибе.
10. Расчеты на прочность при изгибе.
11. Прогибы простейших балок.

### 5.3. Типовые контрольные задания (материалы) для текущего контроля в семестре

**Текущий контроль** осуществляется в течение семестра в форме выполнения и защиты лабораторных работ, выполнения индивидуального домашнего задания.

**Лабораторные работы.** В лабораторном практикуме по дисциплине представлен перечень лабораторных работ, обозначены цель и задачи, необходимые теоретические и методические указания работе, рассмотрен практический пример, дан перечень контрольных вопросов.

Защита лабораторных работ возможна после проверки правильности выполнения задания, оформления лабораторной работы. Защита проводится в

форме тестирования студента по теме лабораторной работы с помощью специально программного обеспечения установленного на рабочих компьютерах. Примерный перечень контрольных вопросов для защиты лабораторных работ представлен в таблице.

### Компетенция ОПК-5

№	Тема лабораторной работы	Контрольные вопросы
1.	Лабораторная работа №1. Испытание на растяжение стандартного стального образца.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. В каких координатах строится диаграмма растяжения?</li> <li>2. Запишите закон Гука при растяжении.</li> <li>3. Всегда ли на диаграмме растяжения имеется площадка текучести?</li> <li>4. Укажите значение предела текучести для стали марки Ст 3.</li> <li>5. Что называется временным сопротивлением?</li> <li>6. Какие изменения механических характеристик соответствуют явлению наклепа?</li> <li>7. Какая механическая характеристика зависит от размеров образца?</li> <li>8. Укажите соотношения между диаметром и расчетной длиной образца.</li> <li>9. Укажите характеристики пластичности?</li> <li>10. Перечислите в порядке возрастания характеристики прочности.</li> <li>11. Что называют условным пределом текучести?</li> </ol>
2.	Лабораторная работа №2. Испытание на сжатие пластичных и хрупких материалов.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Укажите соотношение между размерами круглого образца при испытании на сжатие.</li> <li>2. В каких координатах строят диаграммы сжатия?</li> <li>3. Укажите механические характеристики, определяемые при сжатии пластичных и хрупких материалов.</li> <li>4. Запишите закон Гука при сжатии.</li> <li>5. Укажите примерное соотношение между временным сопротивлением чугуна при испытании на сжатие и на растяжение.</li> <li>6. Укажите характер разрушения чугунного образца при сжатии.</li> <li>7. Какой характер разрушения имеет образец из малоуглеродистой стали при сжатии.</li> </ol>
3.	Лабораторная работа №4. Испытание на срез стального и деревянного образцов.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Какие механические характеристики определяют при срезе стального и деревянного образцов?</li> <li>2. Какие напряжения возникают в поперечных сечениях при срезе?</li> <li>3. Сколько плоскостей срезе имеет стальной образец, испытываемый в лабораторной работе?</li> <li>4. Как вычисляют временное сопротивление при срезе?</li> <li>5. Какой вид имеет закон Гука при срезе (сдвиге)?</li> <li>6. Какое соотношение существует между временным сопротивлением стали при срезе и при растяжении?</li> <li>7. По какой формуле вычисляют напряжения в поперечном сечении стержня при срезе?</li> <li>8. Что называется плоскостью срезе?</li> </ol>
4.	Лабораторная работа №6. Определение упругих постоянных.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Что называется коэффициентом Пуассона?</li> <li>2. Какие значения может иметь коэффициент Пуассона для материалов?</li> </ol>

№	Тема лабораторной работы	Контрольные вопросы
		3. Какое свойство материала характеризует коэффициент Пуассона? 4. Закон Гука при сжатии для абсолютных деформаций. 5. Какое свойство материалов характеризует модуль продольной упругости? 6. Чему равен модуль продольной упругости для стали марки Ст 3? 7. Во сколько раз относительная поперечная деформация меньше относительной продольной для стали? 8. Как определяется модуль продольной упругости по данным опыта? 9. Назовите основные характеристики тензодатчика сопротивления.
5.	Лабораторная работа №7. Опытное определение коэффициента концентрации напряжений.	1. Что называют концентратором напряжения? 2. Какие напряжения характеризуют ослабленное сечение пластинки с отверстием? 3. Как определяют количественную характеристику концентрации напряжений? 4. По какой формуле определяют номинальные напряжения при растяжении пластины с концентратором? 5. Как рассчитать максимальные напряжения в зоне концентратора? 6. Какие материалы чувствительны к концентрации напряжений при статической нагрузке? 7. Какие меры рекомендуете Вы для уменьшения концентрации напряжений?
6.	Лабораторная работа №8. Испытание стальной балки на поперечный изгиб	1. Дать определение чистого изгиба. 2. По каким формулам определяют нормальные и касательные напряжения в произвольной точке поперечного сечения балки при изгибе? 3. опишите напряженное состояние в точке, находящейся на нейтральной оси. 4. По какой формуле определяют нормальные напряжения при изгибе в точках сечения, наиболее удаленных от нейтральной оси? 5. Как определяют главные напряжения при изгибе в произвольной точке? 6. Под каким углом направлены главные напряжения при изгибе в точке, принадлежащей нейтральной оси? 7. Как определяют направление главных напряжений при изгибе?
7.	Лабораторная работа №9 Определение перемещений балки при изгибе	1. Какие деформации возникают в балке при плоском изгибе? 2. Чему равен максимальный прогиб и максимальный угол поворота для консольной балки, нагруженной силой на конце консоли? 3. Укажите формулу для максимального прогиба двухопорной балки, нагруженной посередине пролета силой F? 4. Укажите формулу для максимального прогиба двухопорной балки, нагруженной по длине пролета равномерно распределенной нагрузкой.



№	Тема лабораторной работы	Контрольные вопросы
8.	Лабораторная работа №11. Испытание стального образца на кручение в пределах упругих деформаций.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. В каких точках поперечного сечения вала касательные напряжения максимальны?</li> <li>2. При каких условиях нагружения возникает кручение?</li> <li>3. Как записывается закон Гука при кручении?</li> <li>4. Укажите формулу для вычисления касательных напряжений в произвольной точке поперечного сечения при кручении.</li> <li>5. Какая зависимость существует между модулями упругости первого и второго рода?</li> <li>6. По какой формуле определяется полярный момент инерции круглого сечения?</li> <li>7. Что называется жесткостью сечения бруса при кручении?</li> <li>8. По какой формуле определяется полярный момент сопротивления круглого сечения?</li> </ol>
9.	Лабораторная работа №14 Испытание консольной балки на косой изгиб.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Дайте определение косому изгибу.</li> <li>2. По какой формуле определяют нормальные напряжения в любой точке сечения при косом изгибе?</li> <li>3. Укажите положение нейтральной линии при косом изгибе относительно следа плоскости изгиба.</li> <li>4. По какой формуле определяют полный прогиб балки при косом изгибе?</li> <li>5. Для сечений какой формы косой изгиб не имеет места?</li> <li>6. По какой формуле можно вычислить прогиб свободного конца консольной балки, если балка загружена силой <math>F</math>, приложенной на этом же конце балки?</li> <li>7. Укажите, при каком расположении внешней нагрузки происходит косой изгиб, а при каком – плоский изгиб балки?</li> <li>8. Комбинацией каких простых напряженных состояний является косой изгиб?</li> <li>9. Как можно определить примерное положение нейтральной линии при косом изгибе, если известны знаки напряжений в сечении, обусловленные действиями изгибающих моментов <math>M_z</math> и <math>M_y</math>?</li> </ol>
10.	Лабораторная работа №15 Испытание стального образца на внецентренное сжатие.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Укажите в каком случае нагружения имеет место внецентренное растяжение-сжатие.</li> <li>2. Комбинацией каких простых напряженных состояний оно является?</li> <li>3. По какой формуле определяют нормальные напряжения в любой точке сечения при внецентренном растяжении-сжатии?</li> <li>4. По каким формулам находят положение нейтральной линии?</li> <li>5. Как проходит нейтральная линия в сечении, если внешняя продольная сила приложена на границе ядра сечения?</li> <li>6. Какой вид имеет эпюра нормальных напряжений при этом,</li> <li>7. Укажите зависимость между размерами ядра сечения и размерами прямоугольного и круглого поперечных сечений бруса.</li> <li>8. Какие напряжения ( по знаку) возникают в поперечном сечении бруса, если продольная растягивающая сила приложена в ядре сечения?</li> <li>9. Как зависит положение нейтральной линии от точки</li> </ol>

№	Тема лабораторной работы	Контрольные вопросы
		приложения силы?

## Типовые задания для защиты лабораторной работы

Инструкция к тесту: выберите цифру, соответствующую правильному варианту ответа и отметьте её на экране. Из теста к лабораторной работе «Испытание консольной балки на косо́й изгиб»

Вариант 5, к лабораторной работе №14

Контрольное тестирование.  
Тестируемый: Бикреева Анастасия  
Вопрос 1 из 5

Времени прошло: 0:00:32  
Времени осталось: 0:02:28

**Определить, в каком случае имеет место плоский изгиб.**

Варианты ответа:

3  
 5  
 4  
 1  
 2

Индикаторы ответов:

## 5.4. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

При промежуточной аттестации в форме зачета, используется следующая шкала оценивания: зачтено, не зачтено.

Критериями оценивания достижений показателей являются:

Показатель оценивания	Критерий оценивания
Знания	Знание терминов, определений, понятий, основных закономерностей в области сопротивления материалов
	Полнота, точность и безошибочность ответов на вопросы
	Знание методов расчета элементов конструкций на статические и динамические нагрузки
Умения	Умение выполнять статические и динамические расчёты элементов конструкций
Навыки	Владение методами расчета элементов конструкций на статические и динамические воздействия

### Оценка сформированности компетенций по показателю Знания.

Критерий	Уровень освоения и оценка	
	не зачтено	зачтено
Знание терминов, определений, понятий, основных закономерностей в области сопротивления материалов	Не знание терминов, определений, понятий, основных закономерностей в области сопротивления материалов	Хорошее знание терминов, определений, понятий, основных закономерностей в области сопротивления материалов
Полнота, точность и безошибочность ответов на вопросы	Отсутствие полноты, точности и безошибочности ответов на вопросы	Полнота, точность и безошибочность ответов на вопросы на хорошем уровне
Знание методов расчета элементов конструкций на статические и динамические нагрузки	Незнание методов расчета элементов конструкций на статические и динамические нагрузки	Хорошее знание методов расчета элементов конструкций на статические и динамические нагрузки

### Оценка сформированности компетенций по показателю Умения

Критерий	Уровень освоения и оценка	
	не зачтено	зачтено
Умение выполнять статические и динамические расчёты элементов конструкций	Не умеет выполнять статические и динамические расчёты элементов конструкций	Хорошо умеет выполнять статические и динамические расчёты элементов конструкций

### Оценка сформированности компетенций по показателю Навыки.

Критерий	Уровень освоения и оценка	
	не зачтено	зачтено
Владение методами расчета элементов конструкций на статические и динамические воздействия	Не владеет методами расчета элементов конструкций на статические и динамические воздействия	Хорошо владеет методами расчета элементов конструкций на статические и динамические воздействия

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Материально-техническое обеспечение

№	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1	Учебная аудитория для проведения лекционных, лабораторных и практических занятий, консультаций, текущего контроля, промежуточной аттестации, самостоятельной работы	Специализированная мебель. 1. Универсальная установка для механических испытаний УММ-10 2. Машина кручения КМ-50-1 3. Твердомер ТШ-2м 4. Катетометр В-630 5. Электронный измеритель деформаций СИИТ-3 6. Копер маятниковый МК-30 А 7. Стенд универсальный для лабораторных работ – 6 шт. 8. Динамометр – 8 шт. 9. Индикатор часового типа- 12 шт. 10. Доска аудиторная – 2 шт. 11. Крепление потолочное для проектора – 1 шт. 12. Проектор ACER – 1 шт. 13. Экран для проектора – 1 шт. 14. Компьютер – 9 шт. 15. Плакат - 30 шт.
2	Читальный зал библиотеки для самостоятельной работы	Специализированная мебель; компьютерная техника, подключенная к сети «Интернет», имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду

### 6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

№	Перечень лицензионного программного обеспечения.	Реквизиты подтверждающего документа
1	Microsoft Windows 10 Корпоративная	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023). Договор поставки ПО 0326100004117000038-0003147-01 от 06.10.2017
2	Microsoft Office Professional Plus 2016	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023
3	Kaspersky Endpoint Security «Стандартный Russian Edition»	Сублицензионный договор № 102 от 24.05.2018. Срок действия лицензии до 19.08.2020 Гражданско-правовой Договор (Контракт) № 27782 «Поставка продления права пользования (лицензии) Kaspersky Endpoint Security от 03.06.2020. Срок действия лицензии 19.08.2023г.
4	Google Chrome	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения
5	Mozilla Firefox	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения
6	ADSoftTester_2.8.1	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения

### 6.3. Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов

1. Дарков, А.В. Сопротивление материалов: учебник / А.В. Дарков, А.В. Шпиро. – М.: Высшая школа, 1989. – 624 с.
2. Александров, А.В. Сопротивление материалов: учебник / А.В. Александров, В.Д. Потапов и др. – М.: Высшая школа, 2000. – 560 с.
3. Степин, П.А. Сопротивление материалов: учебник / П.А. Степин. М.: Высшая школа, 2012. – 320 с.
4. Толбатов, А.А. Сопротивление материалов: учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению «Строительство» / А.А. Толбатов. – М.: Изд-во АСВ, Мин. Воды, 2006.– 243 с.
5. Сопротивление материалов // метод. указания к выполнению расчетно-графических заданий для студентов дневной формы обучения, обучающихся по направлению «Строительство». Ч 2. / сост. А.А. Толбатов, Л.А. Панченко, И.Р. Серых и др. – Белгород, БГТУ. – 2012 (и электронная версия). – 52 с.
6. Потележко, В.П. Лабораторный практикум по сопротивлению материалов / В.П. Потележко, А.А. Толбатов, И.Р. Серых, В.И. Иваненко. - Белгород, Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2012. - 69 с.
7. Виртуальные лабораторные работы: методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов очной и заочной форм обучения всех специальностей / И.Р. Серых, В.П. Потележко, А.А. Толбатов. - Белгород, Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2010. - 32 с.
8. Фесик, С.П. Справочник по сопротивлению материалов: Справочное пособие / С.П. Фесик. Киев: Изд-во «Будівельник», 1982. – 280 с.
9. Ицкович, Г.М. Руководство к решению задач по сопротивлению материалов: учебное пособие / Г.М. Ицкович, Л.С. Минин, А. И. Винокуров. - 3-е изд., перераб. и доп. М.: Высшая школа, 2001.– 592 с.
10. Миролубов, И.Н. Сопротивление материалов. Пособие по решению задач. [Электронный ресурс] / И.Н. Миролубов, Ф.З. Алмаметов, Н.А. Курицин, И.Н. Изотов. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2014. — 512 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/39150>.
11. Беляев, Н.М. Сборник задач по сопротивлению материалов. [Электронный ресурс] / Н.М. Беляев, Л.К. Паршин, Б.Е. Мельников, В.А. Шерстнев. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2016. — 432 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/86019>.
12. Кузьмин, Л.Ю. Сопротивление материалов. [Электронный ресурс] / Л.Ю. Кузьмин, В.Н. Сергиенко, В.К. Ломунов. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2016. — 228 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/90004>.
13. Кудрявцев, С.Г. Сопротивление материалов. Интернет-тестирование базовых знаний. [Электронный ресурс] / С.Г. Кудрявцев, В.Н. Сердюков. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2013. — 176 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/5247>.

### 6.4. Перечень интернет ресурсов, профессиональных баз данных, информационно-справочных систем

1. Каримов И. Сопротивление материалов. Электронный учебный курс для студентов очной и заочной форм обучения [электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.soprotmat.ru>.

2. Каталог учебных фильмов по сопротивлению материалов и механике разрыва [электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.soprotmat.ru/film.htm>.

3. <http://ntb.bstu.ru> – Электронная библиотека БГТУ им. В.Г. Шухова.

4. <http://lib.misis.ru/elbib.html> – Полнотекстовая электронная библиотека МИСиС.

5. <https://openedu.ru/course/misis/MATSTR/> – Онлайн-курс «Сопротивление материалов» на openedu.ru.

## 7. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа без изменений утверждена на \_\_\_\_\_ учебный год.  
Протокол № \_\_\_\_ заседания кафедры от \_\_\_\_\_.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ А.Н. Дегтярь  
подпись, ФИО

Директор института \_\_\_\_\_ В.А. Уваров  
подпись, ФИО