

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Глазовский инженерно-экономический институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного  
учреждения высшего образования  
«Ижевский государственный технический университет  
имени М.Т. Калашникова»



УТВЕРЖДАЮ  
Директор ГИЭИ

М.А. Бабушкин

2018 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине: СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ

Для направления подготовки: 15.03.05 – конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств  
по профилю: технология машиностроения  
Квалификация (степень) выпускника: бакалавр  
Форма обучения: очно-заочная

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры		
		2		
<b>Контактная работа (всего)</b>	24	24		
В том числе:				
Лекции	14	14		
Практические занятия				
Семинары				
Лабораторные работы	10	10		
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	82	82		
В том числе:				
Курсовой проект (работа)				
Расчетно-графические работы				
Реферат				
<i>Другие виды самостоятельной работы</i>	80	80		
Вид промежуточной аттестации (зачет, экзамен)	Зачет	Зачет		
	2	2		
Общая трудоемкость	час.	108	108	
	з.е.	3	3	

Кафедра «Автоматизированные системы управления».

Составитель Горбушин Алексей Геннадьевич, к.п.н., доцент

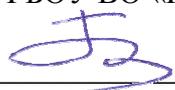
Рабочая программа составлена на основании ФГОС ВО по направлению подготовки «15.03.05 – конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» и утверждена на заседании кафедры

Протокол от 10.05.2018 г. №6

Заведующий кафедрой  / В.В.Беляев

## СОГЛАСОВАНО

Председатель учебно-методической комиссии  
Глазовского инженерно-экономического института (филиала)  
ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М.Т.Калашникова»

 Беляев В.В.

\_\_\_\_\_ 2018 г.

Количество часов рабочей программы соответствует количеству часов рабочего учебного плана по направлению подготовки «15.03.05 – конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств», профиль «Технология машиностроения»

## Аннотация к дисциплине

<b>Название модуля</b>		<b>Сопротивление материалов</b>					
<b>Номер</b>	<b>Б1.Б.11.01</b>	<b>Академический год</b>			<b>семестр</b>	<b>2</b>	
<b>Кафедра</b>	86 АСУ	<b>Программа</b>	151900.62 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств. Профиль – технология машиностроения				
<b>Гарант модуля</b>	Горбушин Алексей Геннадьевич, канд.пед.наук, доцент						
<b>Цели и задачи дисциплины, основные темы</b>	<p>Цели: ознакомление с основными положениями механики деформируемого тела, обучение практическим методам и приемам расчета элементов конструкции на прочность, жесткость, устойчивость, ознакомление с экспериментальными методами исследования механических свойств материалов.</p> <p>Задачи: овладение практическими навыками расчета конструкций по следующим направлениям:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- расчеты на прочность стержней и стержневых систем при растяжении-сжатии, кручении, изгибе;</li> <li>- расчет на устойчивость сжатых стержней;</li> <li>- расчеты на прочность в при динамических и циклических нагрузках;</li> <li>- расчеты на прочность тонкостенных оболочек.</li> </ul> <p>В результате изучения дисциплины студент должен</p> <p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- особенности механики деформируемого тела;</li> <li>- методику расчетов на прочность стержней, балок, валов и элементов инженерных конструкций, работающих в условиях сложного сопротивления;</li> <li>- особенностей расчетов на прочность элементов инженерных конструкций, работающих в условиях динамических нагрузок;</li> <li>- методику расчета на выносливость элементов инженерных конструкций;</li> <li>- основные механические свойства большинства конструкционных материалов.</li> <li>- виды испытаний материалов на прочность.</li> <li>- основные модели механики и границы их применения (модели материала, формы, сил, отказов);</li> <li>- основные методы исследования нагрузок, перемещений и напряженно-деформированного состояния в элементах конструкций, методы проектных и проверочных расчетов изделий;</li> </ul> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- проводить проверочные расчеты на прочность;</li> <li>- определять геометрию инженерных конструкций из условия обеспечения требуемой прочности;</li> <li>- проводить обоснованный выбор материалов при проектировании деталей машин;</li> <li>- предсказывать характер разрушения и время работы конструкции до отказа;</li> <li>- проектировать и конструировать типовые элементы машин, выполнять их оценку по прочности и жесткости и другим критериям работоспособности;</li> </ul> <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками выполнения проектной работы;</li> <li>- навыками проведения расчетов по теории механизмов и механике деформируемого тела.</li> </ul> <p>Лекции (основные темы):</p> <p>Вводная лекция. Метод сечений. Напряжения и перемещения. Центральное растяжение и сжатие. Геометрические характеристики плоских сечений. Теория напряженного состояния. Тензор напряжений. Кручение. Сложное сопротивление. Прямой поперечный изгиб. Косой изгиб. Внецентренное растяжение-сжатие. Совместное действие изгиба и кручения. Теории прочности. Устойчивость сжатых стержней. Интеграл Мора. Расчеты на прочность при динамических и циклических нагрузках. Контактные напряжения. Ползучесть материалов. Расчет на прочность тонкостенных оболочек.</p> <p>Лабораторные работы:</p> <p>Определение характеристик прочности и пластичности при растяжении металлического образца из малоуглеродистой стали. Определение характеристик прочности и пластичности при кручении металлического валика из малоуглеродистой стали. Определение величины прогиба балки прямоугольного сечения под действием сосредоточенной силы, приложенной к ее середине. Применение системы компьютерной алгебры MathCAD для построения эпюр углов поворота сечений и прогибов балок. Обеспечение заданной прочности тихоходного вала редуктора. Обеспечение требуемого ресурса работы тихоходного вала редуктора. Обеспечение прочности зубчатого зацепления редуктора. Испытание образцов из сталей на ударную вязкость.</p>						
<b>Основная литература</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ахметзянов М.Х., Лазарев И.Б. Сопротивление материалов: учебник. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2011. – 300 с. – Серия: Основы наук.</li> <li>2. Атаров, Н.М. Сопротивление материалов в примерах и задачах: учебное пособие для вузов по направлению "Строительство" - М.:ИИФРА-М, 2011. - 407 с.</li> <li>3. Эрдеди Н.А., Эрдеди А.А. Сопротивление материалов. Издательство «Кнорус». – 157 с.</li> </ol>						
<b>Технические средства</b>	Проекционная аппаратура для презентации лекции и демонстрации иллюстративных материалов. Разрывная машина. Крутильная машина. Маятниковый копер. Машина для испытания материалов на многоцикловую усталость.						
<b>Компетенции</b>	<b>Приобретаются студентами при освоении модуля</b>						
<b>Общекультурные</b>	ОПК-4 - способностью участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с машиностроительными производствами, выборе оптимальных вариантов прогнозируемых последствий решения на основе их анализа;						
<b>Профессиональные</b>	ОПК-5 - способностью участвовать в разработке технической документации, связанной с профессиональной деятельностью						
<b>Зачетных единиц</b>	<b>3</b>	<b>Форма проведения занятий</b>		<b>Лекции</b>	<b>Практ. занятия</b>	<b>Лабор. работы</b>	<b>Самост. работа</b>
		<b>Всего часов</b>		14		10	82
<b>Виды контроля</b>	<b>зачет</b>	<b>КП/КР</b>	<b>Условие зачета модуля</b>	Получение оценки «зачтено»		<b>Форма проведения самостоятельной работы</b>	Изучение теорет. материала, выполнение контр. дом. заданий.
<b>формы</b>							
<b>Перечень модулей, знание которых необходимо для изучения модуля</b>						Русский язык и культура речи, математика, теоретическая механика 1	

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Сопротивление материалов - наука об инженерных методах расчета на прочность, жесткость и устойчивость элементов сооружений и деталей машин.

Методами сопротивления материалов выполняются расчеты, на основании которых определяются необходимые размеры деталей машин и конструкций инженерных сооружений. Любая конструкция должна обладать надежностью при эксплуатации и быть экономичной.

Сопротивление материалов является наукой экспериментально-теоретической, так как она широко использует опытные данные и теоретические исследования. При этом главной задачей курса является формирование знаний для применения математического аппарата при решении прикладных задач, осмысления полученных численных результатов и поиска выбора наиболее оптимальных конструктивных решений. То есть данный предмет является базовым для формирования инженерного мышления и подготовки кадров высшей квалификации по техническим специализациям.

**Цель преподавания дисциплины** – теоретическая и практическая подготовка в области прикладной механики деформируемого тела, развитие инженерного мышления, обеспечение базовых инженерных знаний для изучения последующих дисциплин.

### **Основные задачи курса:**

- овладение теоретическими основами и практическими методами расчетов инженерных конструкций на прочность, жесткость и устойчивость элементов машин и механизмов, необходимыми как при изучении дальнейших дисциплин, так и в практической деятельности дипломированных бакалавров;
- ознакомление с современными подходами к расчету сложных систем и элементов рационального проектирования инженерных конструкций.

### **В результате изучения сопротивления материалов студент должен:**

#### **знать:**

- особенности механики деформируемого тела;
- методику расчетов на прочность стержней, балок, валов и элементов инженерных конструкций, работающих в условиях сложного сопротивления;
- особенностей расчетов на прочность элементов инженерных конструкций, работающих в условиях динамических нагрузок;
- методику расчета на выносливость элементов инженерных конструкций;
- основные механические свойства большинства конструкционных материалов.
- виды испытаний материалов на прочность.
- основные модели механики и границы их применения (модели материала, формы, отказов);
- основные методы исследования нагрузок, перемещений и напряженно-деформированного состояния в элементах конструкций, методы проектных и проверочных расчетов изделий;

#### **уметь:**

- проводить проверочные расчеты на прочность;
- определять геометрию инженерных конструкций из условия обеспечения требуемой прочности;
- проводить обоснованный выбор материалов при проектировании деталей машин;
- предсказывать характер разрушения и время работы конструкции до отказа;
- проектировать и конструировать типовые элементы машин, выполнять их оценку по прочности и жесткости и другим критериям работоспособности;

#### **владеть:**

- навыками выполнения проектной работы;
- навыками проведения расчетов по теории механизмов и механике деформируемого тела.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Дисциплина относится к базовой части дисциплин профессионального цикла подготовки бакалавров.

Для изучения дисциплины студент должен:

### **знать:**

- аналитическую геометрию и линейную алгебру; последовательности и ряды; дифференциальное и интегральное исчисления; дифференциальные уравнения; численные методы; элементы функционального анализа; теорию вероятностей и математическую статистику;
- основные физические явления и законы; основные физические величины и константы, их определение и единицы измерения;
- основные понятия и аксиомы механики, операции с системами сил, действующими на твердое тело;
- условия эквивалентности системы сил, уравновешенности произвольной системы сил, частные случаи этих условий;
- методы нахождения реакций связей в покоящейся системе сочлененных твердых тел, способы нахождения их центров тяжести;
- законы трения и качения;
- кинематические характеристики движения точки при различных способах задания движения;
- методы нахождения реакций связей в движущейся системе твердых тел;
- методы построения обратимых чертежей пространственных объектов; изображения на чертежах линий и поверхностей;
- методы построения эскизов, чертежей и технических рисунков стандартных деталей;

### **уметь:**

- анализировать оригинальную литературу в области профессиональной деятельности для получения необходимой информации;
- применять физико-математические методы для решения задач в области конструкторско-технологического обеспечения машиностроительных производств с применением стандартных программных средств;
- применять вероятностно-статистический подход при решении технических задач;
- составлять уравнения равновесия для тела, находящегося под действием произвольной системы сил, находить положения центров тяжести тел;
- вычислять скорости и ускорения точек тел и самих тел, совершающих поступательное, вращательное и плоское движения;
- вычислять кинетическую энергию многомассовой системы, работу сил, приложенных к твердому телу при указанных движениях;
- снимать эскизы, выполнять и читать чертежи и другую конструкторскую документацию;
- пользоваться инструментальными программными средствами интерактивных графических систем, актуальных для современного производства;

### **владеть:**

- навыками ведения дискуссии на исторические, философские и научные темы;
- численными методами решения дифференциальных и алгебраических уравнений, методами аналитической геометрии, теории вероятностей и математической статистики;
- методами нахождения реакций связей, способами нахождения центров тяжести тел;
- навыками использования законов трения, составления и решения уравнений равновесия, движения тел, определения кинематической энергии многомассовой системы, работы сил, приложенных к твердому телу, при его движениях;
- навыками работы на компьютерной технике с графическими пакетами для получения конструкторских, технологических и других документов.

Изучение дисциплины базируется на знаниях, полученных студентами при изучении дисциплин:

- теоретическая механика 1;
- математика 0, математика 1;

– начертательная геометрия.

**Освоение сопротивления материалов необходимо как предшествующее для следующих дисциплин ООП:**

- детали машин 1, детали машин 2;
- материаловедение;
- основы технологии машиностроения;
- технология конструкционных материалов 1, технология конструкционных материалов 2;
- оборудование машиностроительных производств;
- технология машиностроения;
- САПР технологических процессов;
- процессы и операции формообразования 1, процессы и операции формообразования 2;
- нормирование точности;
- математическое моделирование в машиностроении;
- компьютерные методы решения инженерных задач;
- системы автоматизации инженерных расчетов;
- компьютерный практикум по технологии машиностроения;
- проектирование средств технологического оснащения.

### **3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ:**

#### **3.1. Знания, приобретаемые в ходе изучения дисциплины**

<i>№ n/n</i>	<i>Знания</i>
1.	Особенностей механики деформируемого тела.
2.	Методики расчетов на прочность стержней, балок, валов и элементов инженерных конструкций, работающих в условиях сложного сопротивления.
3.	Особенностей расчетов на прочность элементов инженерных конструкций, работающих в условиях динамических нагрузок;
4.	Методику расчета на выносливость элементов инженерных конструкций;
5.	Основные механические свойства большинства конструкционных материалов.
6.	Виды испытаний материалов на прочность.
7.	Основные модели механики и границы их применения (модели материала, формы, сил, отказов)
8.	Основные методы исследования нагрузок, перемещений и напряженно-деформированного состояния в элементах конструкций, методы проектных и проверочных расчетов изделий

#### **3.2. Умения, приобретаемые в ходе изучения дисциплины**

<i>№ n/n</i>	<i>Умения</i>
1.	Проводить проверочные расчеты на прочность.
2.	Определять геометрию инженерных конструкций из условия обеспечения требуемой прочности;
3.	Проводить обоснованный выбор материалов при проектировании деталей машин;
4.	Предсказывать характер разрушения и время работы конструкции до отказа.
5.	Проектировать и конструировать типовые элементы машин, выполнять их оценку по прочности и жесткости и другим критериям работоспособности.

### 3.3. Навыки, приобретаемые в ходе изучения дисциплины

№ п/п	Навыки
1.	Выполнения проектной работы;
2.	Проведения расчетов по теории механизмов и механике деформируемого тела.

### 3.4. Компетенции, приобретаемые в ходе изучения дисциплины

Компетенции	Знания	Умения	Навыки
ОПК-4 - способностью участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с машиностроительными производствами, выборе оптимальных вариантов прогнозируемых последствий решения на основе их анализа;	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	1, 3, 4	1
ОПК-5 - способностью участвовать в разработке технической документации, связанной с профессиональной деятельностью	5, 6, 7, 8	1, 3	1, 2

## 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости (по неделям) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				лек	прак	лаб	СРС	
1.	<b>Вводная лекция</b>  Задачи и методы сопротивления материалов. Реальный объект и расчетная схема. Связи и опорные устройства. Внешние и внутренние силы. Метод сечений. Понятие о напряжениях. Перемещения и деформации. Закон Гука и принцип независимости действия сил. Допущения, применяемые в сопротивлении материалов. Виды испытаний материалов. Испытание на растяжение-сжатие. Диаграммы испытаний. Общие принципы расчета конструкций.	2	1	0,5			2	
2.	<b>Центральное растяжение-сжатие</b>  Продольные силы в поперечных сечениях. Напряжения в поперечных сечениях стержня. Деформации и перемещения. Закон Гука. Потенциальная энергия деформации. Напряженное и	2	2	0,5	1		3	Выполнение практической работы №1 Выполнение расчетно-графической работы №1 Выполнение расчетно-графической работы №2

<p>деформированное состояние при растяжении-сжатии. Расчеты на прочность и жесткость при растяжении-сжатии. Расчеты статически определимых стержней. Учет собственного веса при растяжении-сжатии. Подбор сечений с учетом собственного веса. Деформации при действии собственного веса. Расчет статически определимых стержневых систем. Понятие о статически неопределимых системах. Степень статической неопределимости. Методика ее определения. Раскрытие статической неопределимости. Расчет конструкций по допускаемым нагрузкам. Расчет статически определимых систем по способу допускаемых нагрузок. Расчет статически неопределимых систем по способу допускаемых нагрузок. Расчет гибких нитей.</p>						
<p>3. <b>Теория напряженного состояния</b></p> <p>Напряжённое и деформированное состояние частицы тела. Основные виды напряжённо-деформированного состояния. Общий случай НДС. Обобщённый закон Гука-Коши. Определение напряжений на произвольно ориентированной площадке. Главные оси и главные напряжения в плоских задачах. Главные деформации в плоских задачах. Главные нормальные напряжения и направления в общем случае объёмного напряжённого состояния. Общее решение кубического уравнения для определения главных напряжений. Эллипсоид напряжений Ламе. Круги напряжений Мора. Напряжения на октаэдрических площадках. Определение</p>	2	3	0,5		4	Контр. раб. №1 по теорет. материалу

	удлинений и сдвигов для произвольно направленных волокон. Главные деформации и сдвиги. Общее решение кубического уравнения для определения главных деформаций. Дифференциальные уравнения равновесия Коши. Уравнение совместности деформаций. Кручение призматических стержней произвольного поперечного сечения. Кручение стержня эллиптического сечения. Кручение стержня прямоугольного сечения. Кручение стержня треугольного сечения.						
4.	<b><i>Геометрические характеристики плоских сечений</i></b>  Площадь плоских сечений. Статические моменты сечения. Моменты инерции плоских сечений простой формы. Моменты инерции сечений сложной формы. Изменение моментов инерции сечения при повороте осей координат. Главные оси инерции и главные моменты инерции. Понятие о радиусе и эллипсе инерции сечения. Моменты сопротивления. Стандартные прокатные профили. Алгоритм расчета геометрических характеристик плоских сечений.	2	4	0,5		4	Выполнение расчетно-графической работы №3
5.	<b><i>Кручение, сдвиг, срез</i></b>  Построение эпюр крутящих моментов. Напряжения в поперечном сечении. Условие прочности при кручении вала круглого и кольцевого сечения. Рациональная форма сечения вала. Деформации при кручении и условие жесткости вала. Расчеты на прочность и жесткость валов круглого и кольцевого сечений. Потенциальная энергия деформации при кручении. Статически неопределимые задачи на кручение. Круче-	2	4	0,5		3	

	ние бруса с некруглым поперечным сечением. Сдвиг. Расчет заклепок на срез. Расчет заклепок на смятие и листов на разрыв. Дополнительные задачи на сдвиг. Расчет сварных соединений. Расчет сварных соединений при проектировании строительных конструкций. Расчет винтовых пружин с малым шагом витка.	2	5		2		6	Выполнение практической работы №2 Выполнение расчетно-графической работы №4
6.	<b>Изгиб</b>  Плоский изгиб. Механические испытания на изгиб. Построение эпюр поперечной силы и изгибающего момента. Основные дифференциальные соотношения теории изгиба. Примеры построения эпюр внутренних силовых факторов для консольных балок. Примеры построения эпюр внутренних силовых факторов для балок на двух опорах. Другие подходы к построению эпюр внутренних силовых факторов. Напряжение при чистом изгибе. Касательные напряжения при поперечном изгибе. Главные напряжения при изгибе. Рациональные формы поперечных сечений при изгибе. Полная проверка прочности. Опасные сечения и опасные точки. Перемещения при изгибе балок. Дифференциальное уравнение изогнутой оси упругой балки. Пределы применимости приближенной теории изгиба балок. Интегрирование дифференциального уравнения изогнутой оси балки методом начальных параметров А. Н. Крылова. Простейшие статически неопределимые задачи при изгибе. Метод сравнения (наложения) перемещений. Расчет на прочность простейших статически неопределимых балок методом допускаемых	2	6	0,5	2		2	Выполнение практической работы №3 Выполнение расчетно-графической работы №5
		2	7		2		6	Выполнение практической работы №4

	нагрузок. Изгиб балок переменного поперечного сечения. Балка равного сопротивления. Балка на упругом основании. Изгиб составных балок.							
7.	<b>Сложное сопротивление</b>  Расчет балки, подверженной косому или пространственному изгибу. Определение внутренних усилий при косом изгибе. Определение напряжений при косом изгибе. Определение перемещений при косом изгибе. Внецентренное сжатие или растяжение. Ядро сечения при внецентренном сжатии. Критерии предельного состояния материала при сложном напряженном состоянии. Теории прочности. Критерии разрушения. Критерии пластичности. Замечания о выборе теории прочности. Совместное действие изгиба и кручения. Определение внутренних усилий и напряжений при изгибе с кручением. Расчет валов круглого (кольцевого) сечения на изгиб с кручением. Расчет брусьев прямоугольного сечения на изгиб с кручением. Расчет балок переменного сечения. Подбор сечения балок равного сопротивления. Определение деформаций балок переменного сечения.	2	8	0,5	1		5	Выполнение практической работы №5 Выполнение расчетно-графической работы №6 1-я аттестация
8.	<b>Оболочки</b>  Основные положения теории оболочек. Тонкостенная осесимметричная оболочка. Сферическая оболочка. Цилиндрическая оболочка. Коническая оболочка. Толстостенный цилиндр. Составные цилиндры. Автофретирование. Пример расчета элемента тонкостенной оболочки вращения. Пример расчета толстостенной	2	9	0,5			6	

	стальной трубы.						
9.	<p><b>Устойчивость</b></p> <p>Концепция устойчивости. Модельные задачи и методы исследования устойчивости упругих систем. Задача Эйлера об устойчивости сжатого стержня. Устойчивость сжатого стержня с шарнирно закреплёнными краями. Устойчивость стержней с иными видами закрепления. Пределы применимости формулы Эйлера. Практический инженерный метод расчёта на устойчивость Ф. Ясинского. Задача Энгессера об устойчивости сжатого стержня из нелинейно - упругого материала. Устойчивость сжатого стержня за пределом упругости. Формула Кармана. Устойчивость стержня в процессе нагружения за пределом упругости. Концепция Шенли. Устойчивость стержней как элементов конструкций. Продольно-поперечный изгиб упругого стержня. Выпучивание сжатой колонны при внецентренном сжатии. Устойчивость стержня, сжатого следящей силой. Задача А.Р. Ржаницына об устойчивости сжатого стержня в условиях ограниченной ползучести. Устойчивость упругого стержня в условиях неограниченной ползучести. Устойчивость плоской формы изгиба балок. Энергетический метод определения критических нагрузок. Расчет сжато-изогнутого стержня по деформированному состоянию.</p>	2	10	0,5		4	Выполнение расчетно-графической работы №7
10.	<p><b>Статически определимые плоские рамы</b></p> <p>Стержневые системы и их классификация. Кинематический анализ стержневых систем. Расчет статически определимых рам. Рамы с жесткой заделкой. Рамы на двух шар-</p>	2	10	0,5		3	

	нирных опорах. Рамы на двух опорах с промежуточным шарниром.							
11.	<b>Пространственные системы</b>  Построение эпюр в плоско-пространственных системах. Построение эпюр в ломаных стержнях. Расчет на прочность и подбор сечения ломаных пространственных стержней.	2	11	0,5			4	
12.	<b>Определение перемещений в упругих системах</b>  Обобщенные силы и обобщенные перемещения. Потенциальная энергия деформации стержня в общем случае его нагружения. Принцип возможных перемещений и формула Лагранжа. Принцип возможного изменения сил и формула Кастилиано. Определение напряжений и перемещений в витых пружинах. Теорема о взаимности работ и перемещений.	2	12	0,5			3	
13.	<b>Вычисление перемещений методом Мора-Верещагина</b>  Формула Мора для определения перемещений в стержнях и стержневых системах. Примеры определения перемещений с помощью формулы Мора. Графоаналитический способ Верещагина вычисления интегралов в формуле Мора. Примеры вычисления перемещений способом Верещагина. Определение температурных перемещений в балках и рамах.	2	12	0,5			4	Контр. раб. №2 по теорет. материалу
14.	<b>Расчет статически неопределимых стержневых систем</b>  Особенности статически неопределимых систем и методы их расчета. Степень статической неопределимости системы. Метод сил. Алгоритм расчета методом сил.	2	13	0,5			8	

<p>Выбор основной системы. Канонические равнения метода сил. Вычисление коэффициентов и свободных членов канонических уравнений. Универсальная проверка коэффициентов и свободных членов канонических уравнений. Построение окончательных эпюр внутренних силовых факторов. Проверка окончательной эпюры изгибающих моментов. Использование свойств симметрии при раскрытии статической неопределимости. Расчет неразрезной балки методом сил. Уравнение трех моментов. Метод перемещений. Примеры расчетов стержневых систем методом перемещений.</p>						
<p>15. <b>Расчеты при динамических и циклических нагрузках</b></p> <p>Соударение твердого тела и системы с одной степенью свободы. Механические испытания на удар. Расчет динамического коэффициента при ударной нагрузке. Оценка прочности при ударной нагрузке. Определение напряжений при скручивающем ударе. Расчеты движущихся деталей при заданных ускорениях. Расчет поступательно движущихся систем. Напряжения в тонкостенном вращающемся кольце. Расчет равномерно вращающегося прямого бруса. Вращающиеся рамы. Расчеты при циклических нагрузках. Основные характеристики цикла и предел усталости. Диаграмма усталостной прочности. Расчет коэффициентов запаса усталостной прочности. Влияние состояния поверхности и размеров детали на усталостную прочность. Коэффициент запаса усталостной прочности и его определение. Колебания системы с одной степенью свободы. Определение</p>	2	14	0,5	2	4	Выполнение практической работы №6

	напряжений при колебаниях. Резонанс. Колебания балки с установленным на ней массивным электромотором. Степень свободы колеблющейся системы. Канонические уравнения колебания упругих систем с конечным числом степеней свободы. Собственные колебания упругих систем с конечным числом степеней свободы. Вынужденные колебания упругих систем с конечным числом степеней свободы. Приближенные методы определения низших частот собственных колебаний упругих систем. Понятие о приведенной массе. Устойчивость вращающихся валов. Колебания упругих систем при действии ударной нагрузки. Колебания при ударе вертикально движущимся телом. Колебания при ударе горизонтально движущимся телом. Продольные колебания стержня. Поперечные колебания стержня. Расчет на прочность при нерегулярной переменной нагруженности.							
16.	<b>Концентрация напряжений и контактные напряжения</b>  Понятие о концентрации напряжений. Контактные напряжения. Пятно контакта. Распределение контактных напряжений по пятну контакта. Формула Герца.	2	15	0,5			4	
		2	16		2		3	Выполнение практической работы №7 Выполнение практической работы №8 2-я аттестация
17.	<b>Зачет</b>						8	
	Всего			8	8		88	

#### 4.2. Содержание разделов курса

№ п/п	Раздел дисциплины	Знания	Умения	Навыки
1.	<b>Вводная лекция</b> Задачи и методы сопротивления материалов. Реальный объект и расчетная схема. Связи и опорные устройства. Внешние и внутренние силы. Метод сечений. Понятие о	1, 2, 5, 6, 7	3	2

	напряжениях. Перемещения и деформации. Закон Гука и принцип независимости действия сил. Допущения, применяемые в сопротивлении материалов. Виды испытаний материалов. Испытание на растяжение-сжатие. Диаграммы испытаний. Общие принципы расчета конструкций.			
2.	<p><b>Центральное растяжение-сжатие</b></p> <p>Продольные силы в поперечных сечениях. Напряжения в поперечных сечениях стержня. Деформации и перемещения. Закон Гука.</p> <p>Потенциальная энергия деформации. Напряженное и деформированное состояние при растяжении-сжатии. Расчеты на прочность и жесткость при растяжении-сжатии. Расчеты статически определимых стержней. Учет собственного веса при растяжении-сжатии. Подбор сечений с учетом собственного веса. Деформации при действии собственного веса. Расчет статически определимых стержневых систем. Понятие о статически неопределимых системах.</p> <p>Степень статической неопределимости. Методика ее определения. Раскрытие статической неопределимости. Расчет конструкций по допускаемым нагрузкам. Расчет статически определимых систем по способу допускаемых нагрузок. Расчет статически неопределимых систем по способу допускаемых нагрузок. Расчет гибких нитей.</p>	1, 6, 8	1, 2, 3, 4, 5	1, 2
3.	<p><b>Теория напряженного состояния.</b></p> <p>Напряжённое и деформированное состояние частицы тела. Основные виды напряжённо-деформированного состояния. Общий случай НДС. Обобщённый закон Гука-Коши. Определение напряжений на произвольно ориентированной площадке. Главные оси и главные напряжения в плоских задачах. Главные деформации в плоских задачах. Главные нормальные напряжения и направления в общем случае объёмного напряжённого состояния. Общее решение кубического уравнения для определения главных напряжений. Эллипсоид напряжений Ламе. Круги напряжений Мора. Напряжения на октаэдрических площадках. Определение удлинений и сдвигов для произвольно направленных волокон. Главные деформации и сдвиги. Общее решение кубического уравнения для определения главных деформаций. Дифференциальные уравнения равновесия Коши. Уравнение совместности деформаций. Кручение призматических стержней произвольного поперечного сечения. Кручение стержня эллиптического сечения. Кручение стержня прямоугольного сечения. Кручение стержня треугольного сечения.</p>	1, 2, 7, 8	1, 4, 5	1, 2
4.	<p><b>Геометрические характеристики плоских сечений.</b></p> <p>Площадь плоских сечений. Статические моменты сечения. Моменты инерции плоских сечений простой формы. Моменты инерции сечений сложной формы. Изменение моментов инерции сечения при повороте осей координат. Главные оси инерции и главные моменты инерции. Понятие о радиусе и эллипсе инерции сечения. Моменты сопротивления. Стандартные прокатные про-</p>	7, 8	1, 2, 4, 5	1, 2

	фили. Алгоритм расчета геометрических характеристик плоских сечений.			
5.	<p><b>Кручение, сдвиг, срез.</b></p> <p>Построение эпюр крутящих моментов. Напряжения в поперечном сечении. Условие прочности при кручении вала круглого и кольцевого сечения. Рациональная форма сечения вала. Деформации при кручении и условие жесткости вала. Расчеты на прочность и жесткость валов круглого и кольцевого сечений. Потенциальная энергия деформации при кручении. Статически неопределимые задачи на кручение. Кручение бруса с некруглым поперечным сечением. Сдвиг. Расчет заклепок на срез. Расчет заклепок на смятие и листов на разрыв. Дополнительные задачи на сдвиг. Расчет сварных соединений. Расчет сварных соединений при проектировании строительных конструкций. Расчет винтовых пружин с малым шагом витка.</p>	1, 7, 8	1, 2, 3, 4, 5	1, 2
6.	<p><b>Изгиб.</b></p> <p>Плоский изгиб. Механические испытания на изгиб. Построение эпюр поперечной силы и изгибающего момента. Основные дифференциальные соотношения теории изгиба. Примеры построения эпюр внутренних силовых факторов для консольных балок. Примеры построения эпюр внутренних силовых факторов для балок на двух опорах. Другие подходы к построению эпюр внутренних силовых факторов. Напряжение при чистом изгибе. Касательные напряжения при поперечном изгибе. Главные напряжения при изгибе. Рациональные формы поперечных сечений при изгибе. Полная проверка прочности. Опасные сечения и опасные точки. Перемещения при изгибе балок. Дифференциальное уравнение изогнутой оси упругой балки. Пределы применимости приближенной теории изгиба балок. Интегрирование дифференциального уравнения изогнутой оси балки методом начальных параметров А. Н. Крылова. Простейшие статически неопределимые задачи при изгибе. Метод сравнения (наложения) перемещений. Расчет на прочность простейших статически неопределимых балок методом допускаемых нагрузок. Изгиб балок переменного поперечного сечения. Балка равного сопротивления. Балка на упругом основании. Изгиб составных балок.</p>	1, 2, 7, 8	1, 2, 3, 4, 5	1, 2
7.	<p><b>Сложное сопротивление.</b></p> <p>Расчет балки, подверженной косому или пространственному изгибу. Определение внутренних усилий при косом изгибе. Определение напряжений при косом изгибе. Определение перемещений при косом изгибе. Внецентренное сжатие или растяжение. Ядро сечения при внецентренном сжатии. Критерии предельного состояния материала при сложном напряженном состоянии. Теории прочности. Критерии разрушения. Критерии пластичности. Замечания о выборе теории прочности. Совместное действие изгиба и кручения. Определение внутренних усилий и напряжений при изгибе с кручением. Расчет валов круглого (кольцевого) сечения на изгиб с</p>	1, 2, 7, 8	1, 2, 3, 4, 5	1, 2

	кручением. Расчет брусьев прямоугольного сечения на изгиб с кручением. Расчет балок переменного сечения. Подбор сечения балок равного сопротивления. Определение деформаций балок переменного сечения.			
8.	<b>Оболочки.</b> Основные положения теории оболочек. Тонкостенная осесимметричная оболочка. Сферическая оболочка. Цилиндрическая оболочка. Коническая оболочка. Толстостенный цилиндр. Составные цилиндры. Автофретирование. Пример расчета элемента тонкостенной оболочки вращения. Пример расчета толстостенной стальной трубы.	1, 2, 7, 8	1, 2, 3, 4, 5	1, 2
9.	<b>Устойчивость</b> Концепция устойчивости. Модельные задачи и методы исследования устойчивости упругих систем. Задача Эйлера об устойчивости сжатого стержня. Устойчивость сжатого стержня с шарнирно закреплёнными краями. Устойчивость стержней с иными видами закрепления. Пределы применимости формулы Эйлера. Практический инженерный метод расчёта на устойчивость Ф. Ясинского. Задача Энгессера об устойчивости сжатого стержня из нелинейно - упругого материала. Устойчивость сжатого стержня за пределом упругости. Формула Кармана. Устойчивость стержня в процессе нагружения за пределом упругости. Концепция Шенли. Устойчивость стержней как элементов конструкций. Продольно-поперечный изгиб упругого стержня. Выпучивание сжатой колонны при внецентренном сжатии. Устойчивость стержня, сжатого следящей силой. Задача А.Р. Ржаницына об устойчивости сжатого стержня в условиях ограниченной ползучести. Устойчивость упругого стержня в условиях неограниченной ползучести. Устойчивость плоской формы изгиба балок. Энергетический метод определения критических нагрузок. Расчет сжато-изогнутого стержня по деформированному состоянию.	1, 2, 8	1, 2, 3, 4, 5	1, 2
10.	<b>Статически определимые плоские рамы</b> Стержневые системы и их классификация. Кинематический анализ стержневых систем. Расчет статически определимых рам. Рамы с жесткой заделкой. Рамы на двух шарнирных опорах. Рамы на двух опорах с промежуточным шарниром.	1, 2, 8	1, 2, 3, 4	1, 2
11.	<b>Пространственные системы</b> Построение эпюр в плоско-пространственных системах. Построение эпюр в ломаных стержнях. Расчет на прочность и подбор сечения ломаных пространственных стержней.	1, 2, 8	1, 2, 3, 4	1, 2
12.	<b>Определение перемещений в упругих системах</b> Обобщенные силы и обобщенные перемещения. Потенциальная энергия деформации стержня в общем случае его нагружения. Принцип возможных перемещений и формула Лагранжа. Принцип возможного изменения сил и формула Кастилиано. Определение напряжений и перемещений в витых пружинах. Теорема о взаимности работ и пе-	1, 8	1, 2, 3, 4	1, 2

	ремещений.			
13.	<b>Вычисление перемещений методом Мора-Верещагина</b> Формула Мора для определения перемещений в стержнях и стержневых системах. Примеры определения перемещений с помощью формулы Мора. Графоаналитический способ Верещагина вычисления интегралов в формуле Мора. Примеры вычисления перемещений способом Верещагина. Определение температурных перемещений в балках и рамах.	1, 8	1, 2, 3, 4	1, 2
14.	<b>Расчет статически неопределимых стержневых систем</b> Особенности статически неопределимых систем и методы их расчета. Степень статической неопределимости системы. Метод сил. Алгоритм расчета методом сил. Выбор основной системы. Канонические уравнения метода сил. Вычисление коэффициентов и свободных членов канонических уравнений. Универсальная проверка коэффициентов и свободных членов канонических уравнений. Построение окончательных эпюр внутренних силовых факторов. Проверка окончательной эпюры изгибающих моментов. Использование свойств симметрии при раскрытии статической неопределимости. Расчет неразрезной балки методом сил. Уравнение трех моментов. Метод перемещений. Примеры расчетов стержневых систем методом перемещений.	1, 2, 8	1, 2, 3, 4	1, 2
15.	<b>Расчеты при динамических и циклических нагрузках</b> Соударение твердого тела и системы с одной степенью свободы. Механические испытания на удар. Расчет динамического коэффициента при ударной нагрузке. Оценка прочности при ударной нагрузке. Определение напряжений при скручивающем ударе. Расчеты движущихся деталей при заданных ускорениях. Расчет поступательно движущихся систем. Напряжения в тонкостенном вращающемся кольце. Расчет равномерно вращающегося прямого бруса. Вращающиеся рамы. Расчеты при циклических нагрузках. Основные характеристики цикла и предел усталости. Диаграмма усталостной прочности. Расчет коэффициентов запаса усталостной прочности. Влияние состояния поверхности и размеров детали на усталостную прочность. Коэффициент запаса усталостной прочности и его определение. Колебания системы с одной степенью свободы. Определение напряжений при колебаниях. Резонанс. Колебания балки с установленным на ней массивным электромотором. Степень свободы колеблющейся системы. Канонические уравнения колебания упругих систем с конечным числом степеней свободы. Собственные колебания упругих систем с конечным числом степеней свободы. Вынужденные колебания упругих систем с конечным числом степеней свободы. Приближенные методы определения низших частот собственных колебаний упругих систем. Понятие о приведенной массе. Устойчивость вращающихся валов. Колебания упругих систем при действии ударной нагрузки. Колебания при ударе вертикально движущимся телом. Колебания при ударе горизонтально дви-	1, 2, 3, 4, 8	1, 2, 3, 4	1, 2

	жущимся телом. Продольные колебания стержня. Поперечные колебания стержня. Расчет на прочность при нерегулярной переменной нагруженности.			
16.	<b>Концентрация напряжений и контактные напряжения</b> Понятие о концентрации напряжений. Контактные напряжения. Пятно контакта. Распределение контактных напряжений по пятну контакта. Формула Герца.	1, 6, 7, 8	1, 2, 3, 4	1, 2

### 6.3. ТЕМЫ И СОДЕРЖАНИЕ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

№ п/п	Темы и содержание занятий	Кол-во часов
1	<b>Определение характеристик прочности и пластичности при растяжении металлического образца из малоуглеродистой стали</b> Знакомство с диаграммой растяжения-сжатия, методикой определения основных характеристик прочности и пластичности. Получение диаграммы растяжения-сжатия образца из малоуглеродистой стали на разрывной машине. Расчет основных характеристик стали. Решение задач по расчету на прочность и жесткость стержней.	2
2	<b>Определение характеристик прочности и пластичности при кручении металлического валика из малоуглеродистой стали.</b> Знакомство с диаграммой кручения, методикой определения основных характеристик прочности и пластичности при кручении. Получение диаграммы кручения стального образца на крутильной машине. Расчет основных характеристик стали. Решение задач по расчету на прочность и жесткость валов.	2
3	<b>Определение величины прогиба балки прямоугольного сечения под действием сосредоточенной силы, приложенной к ее середине.</b> Знакомство с методикой, определения прогибов и углов поворота сечений балок, с дифференциальным уравнением изогнутой оси. Расчет прогиба балки прямоугольного сечения и проведение эксперимента, подтверждающего результат расчетов. Решение прочих задач по расчету на прочность и жесткость балок, работающих в условиях чистого и поперечного прямого изгибов.	2
4	<b>Применение системы компьютерной алгебры MathCAD для построения эпюр углов поворота сечений и прогибов балок</b> Знакомство с различными методиками построения эпюр углов поворота сечений и прогибов. Применение методик для автоматизации построения соответствующих эпюр в системе MathCAD для балки заданного сечения.	2
5	<b>Обеспечение заданной прочности тихоходного вала редуктора.</b> Знакомство с методикой расчета на прочность брусьев, работающих в условиях сложного сопротивления, в частности, в условиях совместного действия косоугольного изгиба и кручения. Применение методики к проектировочному расчету на прочность представленного редуктора, работающего в составе привода цепного конвейера. Решение прочих задач по расчету инженерных конструкций на прочность, работающих в условиях сложных видов нагружений.	2
6.	<b>Обеспечение требуемого ресурса работы тихоходного вала редуктора</b> Знакомство с методикой расчета на прочность элементов инженерных конструкций, работающих в условиях знакопеременных напряжений. Применение методики к расчету на сопротивление усталости тихоходного вала редуктора с заданием требуемого срока службы вала. Решение прочих задач на сопротивление усталости.	2
7.	<b>Обеспечение прочности зубчатого зацепления редуктора.</b>	2

	Знакомство с методикой определения контактных напряжений. Применение методики к расчету на прочность по контактным и изгибным напряжениям цилиндрической прямозубой передачи редуктора, работающего в составе привода цепного конвейера. Решение прочих задач по расчету контактных напряжений и геометрии пятна контакта.	
8.	<b>Испытание образцов из сталей на ударную вязкость.</b> Знакомство с маятниковым копром и методикой определения ударной вязкости материалов. Проведение эксперимента по определению ударной вязкости для образцов из различных материалов. Сравнение результатов и вывод о влиянии состава стали на ударную вязкость.	2
	Всего	16

## 5. РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Для проработки и закрепления лекционного материала по дисциплине «Сопротивление материалов» применяются:

№ п/п	Технология	Кол-во ауд. часов при изучении модуля
1	Использование на лекциях и практических занятиях демонстрационных моделей, плакатов.	5
2	Использование методик группового взаимодействия и создания проблемных ситуаций во время проведения практических занятий.	5
	<b>Всего</b>	<b>10</b>

## 6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

### 6.1. Примерные задания для контрольных работ по теоретическому материалу

#### *Контрольная работа №1*

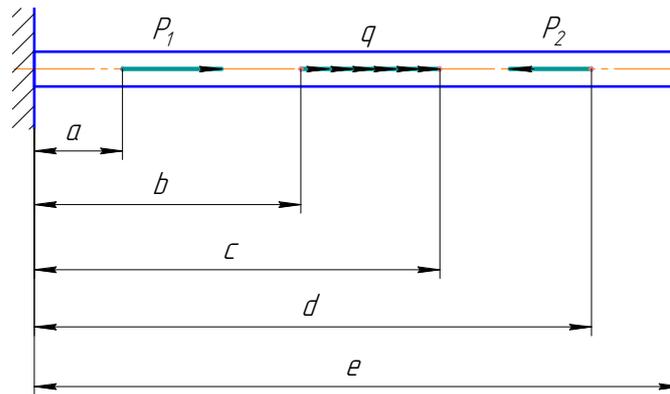
1. Потенциальная энергия деформации при растяжении-сжатии стержня.
2. Уравнение совместности деформаций.
3. Круги напряжений Мора.

#### *Контрольная работа №2*

1. Формула Мора для определения перемещений в стержнях и стержневых системах.
2. Диаграмма усталостной прочности.
3. Влияние состояния поверхности и размеров детали на усталостную прочность.

## 6.2. Примерные варианты заданий для расчетно-графических работ

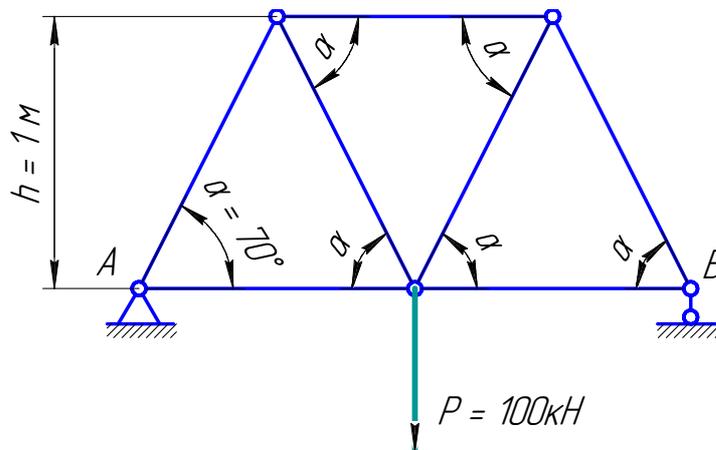
### РГР №1



1. Построить схему нагружения стержня.
2. Построить эпюры продольных сил и перемещений.
3. Определить опасный участок (участок на котором действуют наибольшие напряжения).
4. Определить площадь поперечного сечения стержня из условия прочности (материал стержня – сталь 3, в качестве предельно допустимого (опасного) напряжения взять предел текучести  $\sigma_T = 230$  МПа, коэффициент запаса прочности принять равным 2).
5. Подобрать номер профиля стержня.

№ варианта	a (м)	b (м)	c (м)	d (м)	e (м)	P <sub>1</sub> (кН)	P <sub>2</sub> (кН)	q (кН/м)	профиль стержня
1	0,2	0,4	2	3	3	8	4	3	круг
2	2	1	3	4	4	10	2	2,5	уголок
3	5	0,5	3	2	5	6	5	1	швеллер
4	1	0	3	2,5	3	12	14	4	тавр
5	1,5	0	1	2	2	8	20	10	двутавр
6	1	2	3	4,5	4,5	4	14	6	круг
7	5	0	10	10	10	10	20	3	двутавр
8	0,1	0,5	1	0,3	1	6	15	1	круг
9	0,75	0,75	2	3	3	4	6	10	уголок
10	0,5	1	2,5	3,5	3,5	5	7	6	швеллер

### РГР №2



Для заданной фермы определить

- 1) силы реакции опор (опора А – шарнирно-неподвижная; опора В – шарнирно-подвижная);
- 2) внутренние силы в стержнях;
- 3) площадь и диаметр круглого сечения стержней, удовлетворяющих условию прочности.

Материал стержней – сталь 3 (предел текучести  $\sigma_T = 230\text{МПа}$ ). Коэффициент запаса прочности стержней  $n = 2$ .

### РГР №3

Для составного поперечного сечения, изображенного на рис. , состоящего из двутавра, швеллера, уголка, заданных в таблице исходных данных, требуется:

- 1) определить положение центра тяжести;
- 2) найти величину осевых моментов инерции относительно центральных осей и полярный момент инерции относительно центра тяжести сечения;
- 3) определить направление главных центральных осей;
- 4) найти величину моментов инерции относительно главных центральных осей;
- 5) определить осевые радиусы инерции сечения.
- 6) вычертить сечение в масштабе 1:2, эллипс инерции, указать все размеры в числах и все оси.

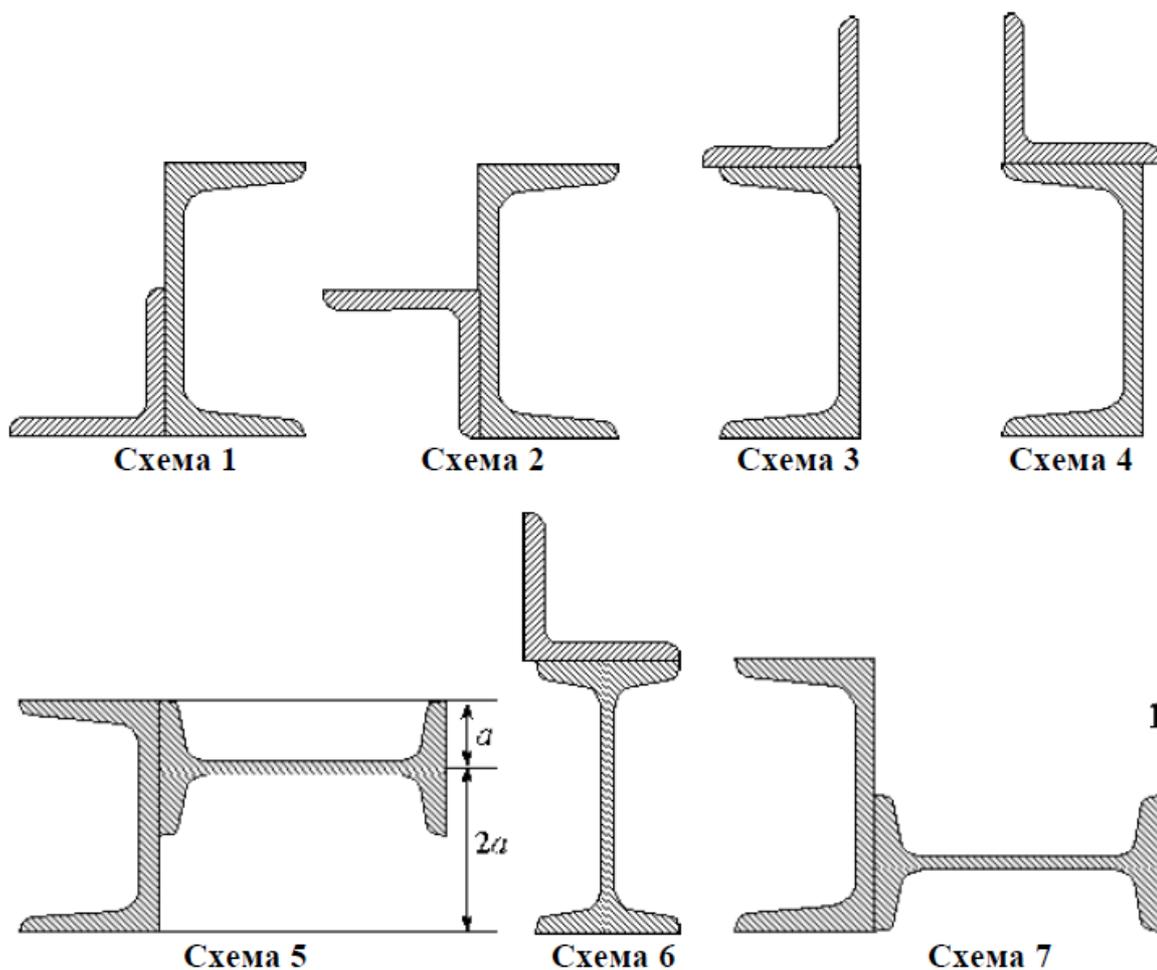
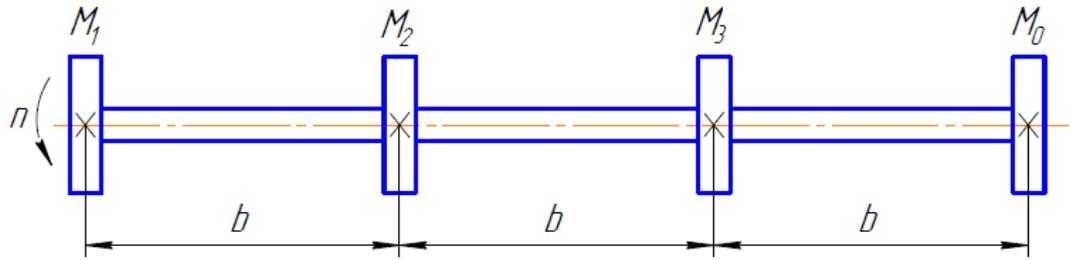


Таблица исходных данных

№ варианта	Схема сечения	Швеллер №	Равнобокий уголок №	Двутавр №
1	1	14	8(8)	-
2	2	16	8(6)	-
3	3	20	9(7)	-
4	4	24	10(8)	-
5	5	33	-	24
6	6	-	14(10)	10
7	7	30	-	16
8	8	30	14(10)	-
9	9	10	2,5(3)	-
10	10	-	7,5(8)	10

### РГР №4



На гладкий цилиндрический вал насажены шкивы ременных передач  $d_1, d_2, d_3$ , передающих мощности  $N_1, N_2, N_3$  соответственно, и шкив ременной передачи  $d_0$  для снятия мощности с вала. Шкивы насажены на вал согласно рисунку 8. Частота вращения вала  $n$ , мощности  $N_1, N_2, N_3$  приведены в таблице. Материал вала - сталь 3, допускаемое напряжение принять равным  $[\tau] = 80$  МПа, модуль сдвига  $G = 80$  ГПа.

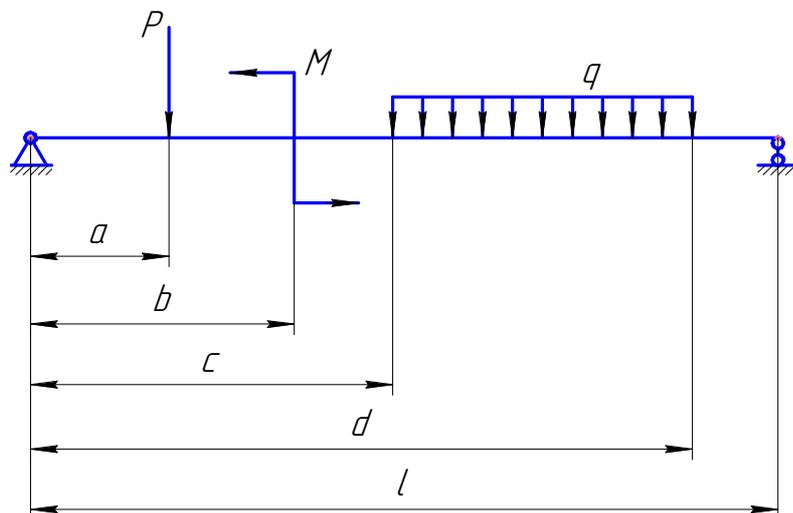
Для указанного вала

- 1) построить эпюры крутящих моментов и определить опасное сечение вала;
- 2) определить порядок расположения шкивов на валу, при котором можно добиться снижения крутящих моментов в опасном сечении;
- 3) построить эпюру крутящих моментов для скорректированной в соответствии с п.2 схемы нагружения вала;
- 4) из условия прочности по касательным напряжениям определить диаметр круглого сечения вала, округлить расчетное значение диаметра до целого значения в мм;
- 5) построить эпюру углов закручивания сечений вала;
- 6) определить наибольший относительный угол закручивания.

Таблица исходных данных

№ варианта	$N_1$ (кВт)	$N_2$ (кВт)	$N_3$ (кВт)	$n$ (об/мин)	Направления моментов («+» совпадает с направлением на рис.1 «-» противоположно направлению на рис.1)			$b$ (м)
					$M_1$	$M_2$	$M_3$	
1	10	10	20	1000	+	+	+	0,25
2	8	6	3	500	+	-	-	0,1
3	1	20	8	800	+	+	-	0,2
4	7	7	2	1000	-	+	-	1
5	20	40	40	500	+	+	+	0,5

### РГР №5

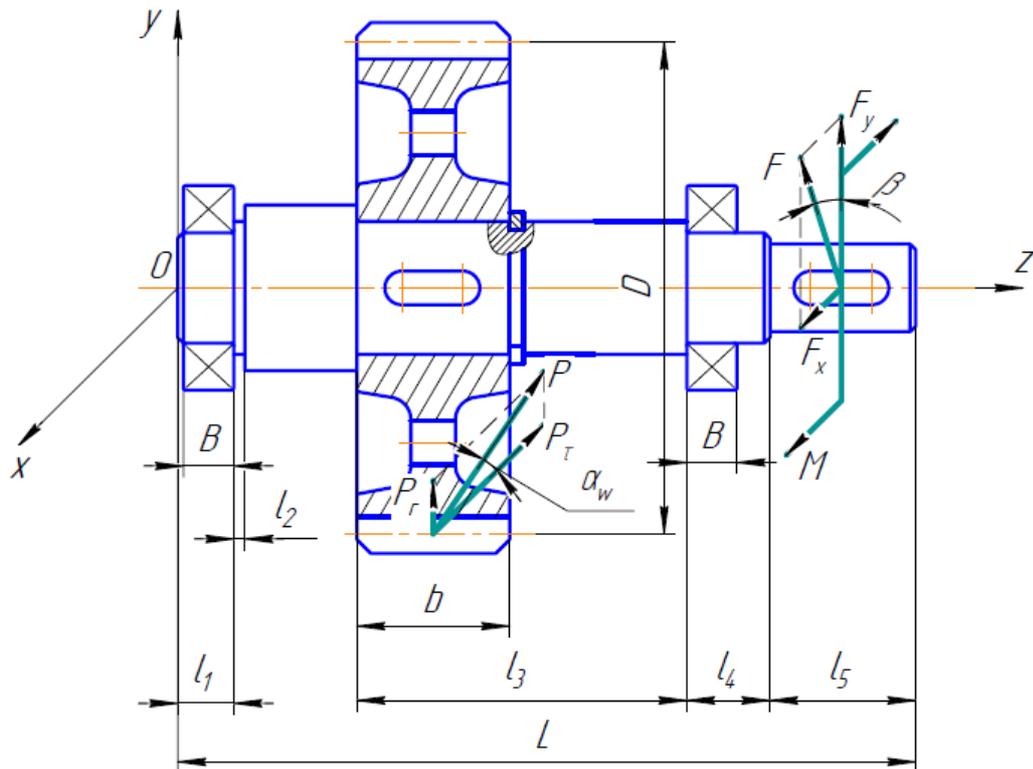


Для двухопорной стальной балки из условия прочности подобрать номер двутавра по ГОСТ 8239-89, таким образом, чтобы обеспечивался коэффициент запаса прочности  $n = 1,5$ . Материал балки - сталь 3. Схема нагружения балки показана на рис., числовые значения геометрических параметров и внешних силовых факторов приведены в таблице исходных данных (знак «-» означает противоположное обозначенному на схеме нагружение направление действия силового фактора).

Таблица исходных данных

№ варианта	a (м)	b (м)	c (м)	d (м)	l (м)	P (кН)	M (кН·м)	q (кН/м)
1	1	2	3	5	5	1	5	2
2	1	3	3	4	5	18	9	10
3	1	5	2	4	5	6	1	10
4	4	0	1	4	5	-10	20	3
5	3	1	0	6	6	4	1	-6
6	2	0	1	4	4	25	30	15
7	2	6	2	4	6	3	0,5	1
8	4	5	0	3	5	13	-19	-3
9	3	2	0	1	3	80	46	18
10	3	6	0	10	10	2	2,5	-1

РГР №6



Для тихоходного вала редуктора, изображенного на рис., подобрать диаметры шеек из расчета на прочность по четвертой теории прочности. Исходные данные взять из таблицы исходных данных. Допускаемое напряжение  $[\sigma] = 230 \text{ МПа}$ .

Таблица исходных данных

№ варианта	$l_1$ (мм)	$l_2$ (мм)	$l_3$ (мм)	$l_4$ (мм)	$l_5$ (мм)	L (мм)	B (мм)	b (мм)	D (мм)	P (кН)	$\alpha_w$ (°)	F (кН)	$\beta$ (°)
1	20	3	100	35	45	240	17	44	156	4,5	20	1,4	30
2	20	3	75	40	50	220	20	35	230	1,8	20	1,1	0
3	25	3	110	45	80	270	20	60	246	3,6	35	2,5	90
4	10	3	50	15	30	120	9	18	150	0,8	22	0,5	30
5	5	2	20	7	15	90	3	7	70	0,05	20	0,05	60
6	5	2	25	8	10	85	4	10	55	0,2	40	0,1	0
7	30	3	200	56	80	450	27	50	284	3,5	25	1	45
8	30	3	150	50	60	315	27	30	200	3,9	20	2,9	15
9	30	3	120	58	75	460	29	62	218	5,1	35	2,6	90
10	20	3	50	26	40	150	20	32	178	1,6	25	0,8	45

**РГР №7**

Выполнить проектировочный расчет на устойчивость стержня круглого сечения, нагруженного осевой силой N и определить его диаметр в мм. Схема нагружения стержня, осевая сила N, и длина стержня указаны в таблице исходных данных. Стержень изготовлен из стали 3, допускаемое напряжение на сжатие принять равным  $[\sigma] = 160 \text{ МПа}$ .

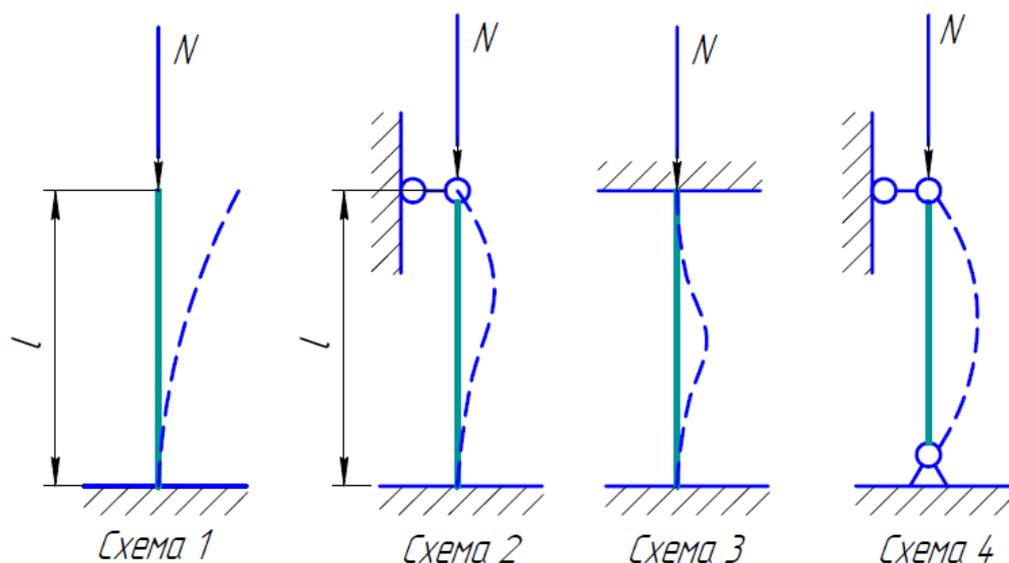
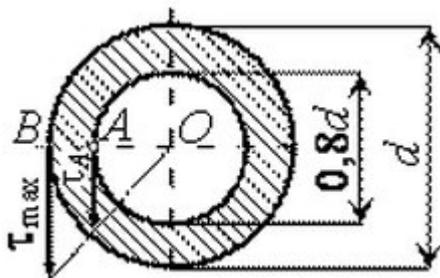


Таблица исходных данных

№ варианта	Сжимающая сила N (кН)	Длина стержня L (м)	Схема нагружения
1	100	2,5	1
2	200	1,5	2
3	300	3,5	3
4	150	1	4
5	250	2	1
6	350	3	2
7	50	2,5	3
8	120	2,6	4
9	220	2,7	1

#### 6.4 Примерное задание на лабораторную работу



Определить касательное напряжение в точке  $A$ , если  $\tau_{\max} = 50$  МПа.

#### 6.5 Перечень контрольных вопросов для проведения зачета

1. Основные понятия: прочность, жесткость, деформативность, упругость, пластичность, ползучесть.
2. Метод сечений. Сущность метода сечений.
3. Внутренние и внешние силовые факторы. Виды напряженного состояния.
4. Понятие напряжения. Нормальные и касательные напряжения. Полное напряжение в точке.
5. Закон Гука и принцип независимости действия сил.
6. Осевое растяжение-сжатие. Внутренние силовые факторы при растяжении-сжатии стержней. Построение эпюры нормальных сил.
7. Условие прочности стержней. Основные типы расчетов на прочность.
8. Коэффициент Пуассона. Деформации при растяжении-сжатии.
9. Статически определимые и статически неопределимые стержневые системы. Уравнения совместности деформаций.
10. Статические моменты плоских сечений. Координаты центра тяжести плоских сечений.
11. Моменты инерции плоских сечений. Моменты инерции сечений сложной формы.
12. Кручение. Внутренние и внешние силовые факторы при кручении вала.
13. Построение эпюр крутящих моментов.
14. Напряжения в поперечном сечении вала при кручении.
15. Условия прочности и жесткости при кручении вала. Деформации при кручении.
16. Рациональная форма сечения вала. Эпюра касательных напряжений.
17. Плоский изгиб. Построение эпюр поперечной силы и изгибающего момента консольно-закрепленной и двухопорной балок.
18. Дифференциальные зависимости между распределенной силой  $q$ , поперечной силой  $Q_y$ , изгибающим моментом  $M_x$ .
19. Напряжения при чистом изгибе. Распределение нормальных напряжений по высоте сечения балки. Рациональная форма поперечного сечения балки при изгибе.
20. Напряжения при поперечном изгибе. Формула Журавского для определения касательных напряжений. Распределение касательных напряжений по высоте сечения балки.
21. Условие прочности балки при чистом изгибе.
22. Условие прочности балки при поперечном изгибе.
23. Дифференциальное уравнение упругой кривой. Определение прогибов и углов поворота сечения балки.
24. Сложное сопротивление. Косой изгиб призматического стержня. Совместное действие изгиба и растяжения-сжатия.

25. Сложное сопротивление. Внецентренное растяжение-сжатие. Совместное действие изгиба и кручения.
26. Критерии предельного состояния материала при сложном напряженном состоянии. Первая и вторая теории прочности.
27. Критерии предельного состояния материала при сложном напряженном состоянии. Третья, четвертая и пятая теории прочности.
28. Определение перемещений в упругих системах. Интеграл Мора. Правило Верещагина. Основные варианты перемножения эпюр.
29. Устойчивость сжатых стержней. Формула Эйлера для определения критической силы.
30. Проверка сжатых стержней на устойчивость. Условие устойчивости.
31. Циклически изменяющиеся напряжения. Усталостная прочность. Коэффициент запаса усталостной прочности.
32. Контактные напряжения. Формула Герца.

## **7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ:**

### **7.1 Основная литература**

1. Ахметзянов М.Х., Лазарев И.Б. Сопротивление материалов: учебник. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2011. – 300 с. – Серия: Основы наук..
2. Атаров Н.М., Сопротивление материалов в примерах и задачах: учебное пособие для вузов по направлению "Строительство"- М.:ИНФРА-М, 2011. - 407 с.
3. Эрдеди Н.А., Эрдеди А.А. Сопротивление материалов. Издательство «Кнорус». – 157 с.

### **7.2 Дополнительная литература**

1. Абрамов Л.М., Добровольский В.И., Расчетно-графические работы по сопротивлению материалов. Ч. 1, 2. Ижевск: ИМИ, 1977-1978. – 106 с.
2. Беляев Н.М., Сборник задач по сопротивлению материалов. М.: Наука, 1965, 384 с.
3. Биргер И.А., Мавлютов Р.Р. Сопротивление материалов. М.: Изд-во МАИ, 1994. – 512 с.
4. Дарков А.В., Шпиро Г.С. Сопротивление материалов. М.: Высшая школа, 1989. – 624 с.
5. Добровольский В.И., Пряхин В.В. Основы расчетов на прочность при циклическом нагружении. Ижевск: ИМИ, 1979. – 51 с.
6. Калинин А.Е., Котельников В.Г. Энергетические методы определения перемещений в стержневых системах. Ижевск: ИМИ, 1983. – 48 с.
7. Кононов В.А. Сопротивление материалов: Руководство для решения задач и выполнения лабораторных и расчетно-графических работ: учебное пособие для вузов. 2-е издание. – М.: Высшая школа, 2005.
8. Лихарев К.К., Сухова Н.А. Сборник задач по курсу «Сопротивление материалов». М.: Машиностроение, 1980. – 224 с.
9. Миролубов И.Н., Енгальчев С.А. и др. Пособие к решению задач по сопротивлению материалов. М.: Высшая школа, 1974. – 392 с.
10. Феодосьев В.И., Сопротивление материалов. М.: Наука, 1986. – 560 с.
11. Александров А.В., Потапов В. Д., Державин Б. П. Сопротивление материалов. 7-е изд. - М.: Высшая школа, 2009. - 560 с.
12. Сорокин В.Н. Экспериментальная механика: конспект лекций / В. Н. Сорокин. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2010. – 116 с.
13. Паначев, И. А. Сопротивление материалов : учеб. пособие / И. А. Паначев, Г. В. Широколов; ГУ КузГТУ. – Кемерово, 2008. – 191 с.

14. Дудченко А.Н. Лабораторный практикум по сопротивлению материалов: Учеб. пособие / Юж.-Рос. гос. техн. ун-т. – Новочеркасск: ЮРГТУ, 2008. – 68 с.
15. Александров А.В., Потапов В. Д., Державин Б. П. Сопротивление материалов. 7-е изд. - М.: Высшая школа, 2009. - 560 с.

### 7.3. Электронные ресурсы

1. Эрдеди Н.А., Эрдеди А.А. Сопротивление материалов. Издательство «Кнорус». – 157 с. <http://books.google.ru/books?id=VbG9AAAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=%D0%AD%D1%80%D0%B4%D0%B5%D0%B4%D0%B8+%D0%9D.%D0%90.,+%D0%AD%D1%80%D0%B4%D0%B5%D0%B4%D0%B8+%D0%90.%D0%90.+%D0%A1%D0%BE%D0%BF%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5+%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%B2&hl=ru&sa=X&ei=ITJJVMSiNYvlywP-gIK4BA&ved=0CB0Q6AEwAA#v=onepage&q=%D0%AD%D1%80%D0%B4%D0%B5%D0%B4%D0%B8%20%D0%9D.%D0%90.%2C%20%D0%AD%D1%80%D0%B4%D0%B5%D0%B4%D0%B8%20%D0%90.%D0%90.%20%D0%A1%D0%BE%D0%BF%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5%20%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%B2&f=false> ()

#### в) Программное и коммуникационное обеспечение:

1. Доступ к современным профессиональным базам данных, информационным справочным и поисковым системам.
2. Система автоматизации технических расчетов MathCAD.

### 8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ:

1. Компьютерный класс.
2. Образцы из конструкционных сталей для проведения экспериментов.
3. Разрывная машина.
4. Крутильная машина.
5. Маятниковый копер.

Лист утверждения рабочей программы дисциплины  
на учебный год

Рабочая программа дисциплины (модуля) утверждена на ведение учебного процесса в учебном году:

<i>Учебный год</i>	<i>«СОГЛАСОВАНО»: заведующий кафедрой, ответственной за РПД (подпись и дата)</i>
2018- 2019	
2019- 2020	
2020- 2021	
2021 – 2022	
2022 - 2023	
2023 - 2024	
2024- 2025	