

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Парлюк Екатерина Петровна

Должность: И.о. директора института механики и энергетики имени В.П. Горячкина

Дата подписания: 2023.07.20 10:25:26

Уникальный программный ключ:

7823a3c5d12d1d1166ba4c69d33e1779345d45



**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ –**

**МСХА имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА»**

(ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева)

Институт Механики и энергетики имени В.П. Горячкина  
Кафедра Сопротивление материалов и детали машин

УТВЕРЖДАЮ:

И.о. директора института  
механики и энергетики  
им. В.П. Горячкина

И.В. Игнаткин

2021 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
Б1.О.25.03 «СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ»**

для подготовки бакалавров

ФГОС ВО

Направление: 35.03.06 Агроинженерия

Направленность: Технические системы в агробизнесе

Курс: 2


Семестры: 3, 4

Форма обучения: очная

Год начала подготовки: 2021

Москва 2021 г

Составитель: Гамидов А.Г., к.т.н., доцент  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

  
(подпись)

«05» 10 2021г.

Рецензент: Пыдрин А.В., к. т. н., доцент  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)


  
(подпись)

«05» 10 2021г.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 35.03.06 Агроинженерия и учебного плана.

Программа обсуждена на заседании кафедры сопротивление материалов и детали машин, протокол № 4 от «07» 10 2021 г.

Заведующий кафедрой Казанцев С.П., д.т.н., профессор  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

  
(подпись)

«07» 10 2021г.

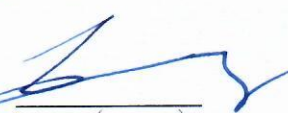
Согласовано:

Председатель учебно-методической комиссии института Чистова Я.С., к.п.н., доцент  
 протокол №3 от 18.10.2021г.

(подпись)

«18» 10 2021г.

Зав. выпускающей кафедрой Дидманидзе О.Н., д.т.н., профессор  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

  
(подпись)

«18» 10 2021г.

Зав. отдела комплектования ЦНБ

 Еремова Я.В.  
(подпись)

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>АННОТАЦИЯ .....</b>	<b>2</b>
<b>1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>2</b>
<b>2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ .....</b>	<b>2</b>
<b>3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....</b>	<b>3</b>
<b>4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>8</b>
4.1 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЁМКОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ВИДАМ РАБОТ ПО СЕМЕСТРАМ.....	8
4.2 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	8
4.3 ЛЕКЦИИ/ЛАБОРАТОРНЫЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ .....	11
4.4 САМОСТОЯТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ .....	17
<b>5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ.....</b>	<b>18</b>
<b>6. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>19</b>
6.1. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ИЛИ ИНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ И НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ .....	20
6.2 ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И КРИТЕРИЕВ КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ОПИСАНИЕ ШКАЛ ОЦЕНИВАНИЯ.....	37
6.3 ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И КРИТЕРИЕВ КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ОПИСАНИЕ ШКАЛ ОЦЕНИВАНИЯ.....	38
<b>7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>39</b>
7.1 ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА .....	39
7.2 ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	40
7.3 ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ .....	40
7.4 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ, РЕКОМЕНДАЦИИ И ДРУГИЕ МАТЕРИАЛЫ К ЗАНЯТИЯМ .....	40
<b>8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>40</b>
<b>9. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ (ПРИ НЕОБХОДИМОСТИ) .....</b>	<b>41</b>
<b>10. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....</b>	<b>41</b>
<b>11. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ СТУДЕНТАМ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>42</b>
<b>12. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПРЕПОДАВАТЕЛЯМ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....</b>	<b>43</b>

## Аннотация

рабочей программы учебной дисциплины Б1.О.25.03 «Соппротивление материалов» для подготовки бакалавра по направлению 35.03.06 «Агроинженерия», направленность «Технические системы в агробизнесе»

**Цель освоения дисциплины:** освоение студентами теоретических и практических знаний, приобретение умений и навыков расчета элементов конструкций на жесткость, прочность и устойчивость; применение системного подхода для решения поставленных задач в области деформируемых твердых тел; развитие инженерного мышления с применением информационно-коммуникационных технологий.

**Место дисциплины в учебном плане:** дисциплина включена в базовую часть учебного плана по направлению подготовки 35.03.06 Агроинженерия, направленность «Технические системы в агробизнесе», цикл **Б1.О.** обязательная часть, осваивается на 2 курсе в 3-4 семестрах.

**Требования к результатам освоения дисциплины:** в результате освоения дисциплины формируются универсальные и общепрофессиональные компетенции (УК, ОПК), реализуемые через следующие индикаторы: **УК-1.1; УК-1.2; УК-1.3; ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-5.1; ОПК-5.2.**

**Краткое содержание дисциплины:** Введение основные понятия. Растяжение – сжатие. Срез (сдвиг). Геометрические характеристики сечений. Плоский изгиб стержня. Определение перемещений при изгибе. Кручение. Теория напряжённого состояния. Теория деформированного состояния. Теории прочности. Неплоский изгиб. Изгиб с растяжением (сжатие). Изгиб с кручением. Статически неопределимые системы. Устойчивость элементов конструкций. Динамические нагрузки.

**Общая трудоемкость дисциплины: 180 часов (5 зачетных единиц).**

**Промежуточный контроль:** зачет 3 семестр, экзамен 4 семестр.

### 1. Цели освоения дисциплины

**Цель освоения дисциплины:** освоение студентами теоретических и практических знаний, приобретение умений и навыков расчета элементов конструкций на жесткость, прочность и устойчивость; применение системного подхода для решения поставленных задач в области деформируемых твердых тел; развитие инженерного мышления с применением информационно-коммуникационных технологий.

Дисциплина «Соппротивление материалов» реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОПОП ВО и Учебного плана по направлению 35.03.06 «Агроинженерия».

### 2. Место дисциплины в учебном процессе

Предшествующим курсом, на котором непосредственно базируется дисциплина «Сопротивление материалов» является «Материаловедение и технология конструкционных материалов», «Теория механизмов и машин».

Дисциплина «Сопротивление материалов» является основополагающей для изучения следующих дисциплин: «Материаловедение и технология конструкционных материалов»; «Тракторы и автомобили», «Детали машин, основы конструирования и подъемно-транспортные машины», «Технология ремонта машин».

Особенностью дисциплины является получение прикладных навыков для успешной профессиональной деятельности в области создания конструкторской документации, связанных с общими теоретическими основами изучения форм предметов окружающего действительного мира и соотношениями между ними, установлением соответствующих закономерностей и применением их к решению практических задач позиционного и метрического характера; приложению способов инженерной графики к исследованию практических и теоретических вопросов науки и современной техники при решении инженерных задач.

Рабочая программа дисциплины «Сопротивление материалов» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

### **3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся профессиональных компетенции (ПК), представленных в таблице 1.

## Требования к результатам освоения учебной дисциплины

№ п/п	Код компетенции	Содержание компетенции (или её части)	Индикаторы компетенций	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
				знать	уметь	владеть
1.	<b>УК-1</b>	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	<b>УК-1.1.</b> Анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие, осуществляет декомпозицию задачи	типовую (инвариантную) структуру задачи и возможные варианты реализации этой структуры; знает различные типологии задач, понимает классификационные признаки, лежащие в основе этих типологий; осознает особенности решения задач различных типов	анализировать задачу, выделять условие и задание (вопрос), соотносить предложенную задачу с тем или иным известным типом, определять необходимые для решения задачи знания, умения, дополнительные сведения	при выполнении самостоятельного исследования формулирует и анализирует научную задачу, выделяет ее содержательные части и этапы реализации
			<b>УК-1.2.</b> Находит и критически анализирует информацию, необходимую для решения поставленной задачи	источники информации (справочные и научные издания, научные периодические издания, специализированные интернет-ресурсы), соответствующие требованиям авторитетности, надежности, научной достоверности, полноты и глубины рассмотрения вопроса	типологию видов чтения, их назначение, алгоритмы (приемы) и способы представления результатов каждого из видов чтения; знает типологию и дифференцирующие признаки текстов различной функционально-смысловой и коммуникативной специфики; знает основные смысловые	осуществлять информационный поиск с использованием справочно-поискового аппарата библиотек БИ СГУ, СГУ, электронно-библиотечных систем, поисковых веб-сервисов; способен самостоятельно находить различные виды документов (текстовые, электронные, аудио- и

					модели, используемые в учебном и научном дискурсе (дефиниция, классификация, доказательство, сравнительная характеристика, хронология, гипотеза и т. д.)	видеофайлы, изоматериалы и т. д.)
			<b>УК-1.3.</b> Рассматривает возможные варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки	способы решения типовых задач из конкретной области знания, называет эти способы, комментирует выбор	при решении нестандартных задач (повышенной сложности, междисциплинарных, творческих и т. п.) предлагает способы решения на основе имеющихся знаний и умений	сравнивает различные способы решения задачи, оценивая их особенности (валидность, трудоемкость, необходимость привлечения дополнительных ресурсов и т. д.)
2.	<b>ОПК-1</b>	Способен решать типовые задачи профессиональной деятельности на основе знаний основных законов математических и естественных наук с применением информационно-коммуникационных технологий	<b>ОПК-1.1.</b> Демонстрирует знание основных законов математических и естественных наук, необходимых для решения типовых задач профессиональной деятельности	– динамику машин: методы учета податливости звеньев в реальных конструкциях машин, особенности колебаний в машинах и методы виброзащиты и виброизоляции машин и механизмов; – принципы сопротивления конструкционных материалов; – принципы статической работы и основы расчета	– формулировать задачи синтеза с учетом обязательных и желательных условий, разрабатывать алгоритмы и математические модели для частных задач синтеза механизмов, используемых в конкретных машинах; – составлять механикоматематические модели типовых элементов конструкции, использовать их при	– инженерными методами расчета типовых элементов конструкций на прочность, жесткость и устойчивость, основами проектных расчетов элементов конструкций

				типовых элементов конструкций	расчетах на прочность, жесткость и устойчивость, оценивать прочностную надежность элементов конструкций	
			<b>ОПК-1.2.</b> Использует знания основных законов математических и естественных наук для решения стандартных задач в агроинженерии	– принципы построения структур технических систем и их работы; – методы расчета кинематических и динамических параметров движения механизмов, алгоритмы многовариантного анализа особенностей установившихся и переходных режимов движения	– пользоваться системами автоматизированного расчета параметров и проектирования механизмов на ЭВМ	– алгоритмами анализа механико-математических моделей типовых элементов конструкции, использовать их при расчетах на прочность, жесткость и устойчивость, оценивать прочностную надежность элементов конструкций
3.	<b>ОПК-5</b>	Способен участвовать в проведении экспериментальных исследований в профессиональной деятельности	<b>ОПК-5.1.</b> Использует современные методы экспериментальных исследований и испытаний в профессиональной деятельности	– постановку задачи с учетом обязательных и желательных условий синтеза, построение алгоритмов и программ синтеза механизмов разных видов с использованием ЭВМ; – программное обеспечение автоматизированного расчета параметров характеристик механизмов и проектирование механизмов по заданным	– проводить оценку функциональных возможностей различных типов механизмов и областей их использования в технике; – выбирать критерии качества передачи движения механизмами разных видов	– самостоятельного проведения экспериментов на лабораторных установках, планирования и обработки результатов экспериментов, в том числе и с использованием ЭВМ



			<p><b>ОПК-5.2.</b> Под руководством специалиста более высокой квалификации участвует в проведении экспериментальных исследованиях процессов и испытаниях в профессиональной деятельности</p>	<p>методологию планирования и проведения экспериментальных исследований рабочих и технологических процессов машин</p>	<p>определять значимость исследуемых параметров, их влияние на технологические процессы, выполнять планирование и проведение теоретических и экспериментальных исследований</p>	<p>навыками планирования, организации и проведения экспериментальных исследований рабочих и технологических процессов машин</p>
--	--	--	--	---	---	---

## 4. Структура и содержание дисциплины

### 4.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц (180 часов), их распределение по видам работ представлено в таблице 2.

Таблица 2

Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Вид учебной работы	Трудоёмкость		
	час.	в т.ч. по семестрам	
		№ 3	№ 4
<b>Общая трудоёмкость</b> дисциплины по учебному плану	<b>180</b>	<b>72</b>	<b>108</b>
<b>1. Контактная работа:</b>	<b>94,65</b>	<b>48,25</b>	<b>46,4</b>
<b>Аудиторная работа</b>	<b>94,65</b>	<b>48,25</b>	<b>46,4</b>
<i>в том числе:</i>			
<i>лекции (Л)</i>	30	16	14
<i>практические работы (ПР)</i>	46	16	30
<i>лабораторные работы (ЛР)</i>	16	16	-
<i>контактная работа на промежуточном контроле (КРА)</i>	0,65	0,25	0,4
<i>консультация перед экзаменом</i>	2	-	2
<b>2. Самостоятельная работа (СРС)</b>	<b>85,35</b>	<b>23,75</b>	<b>61,60</b>
<i>расчетно-графическая работа (РГР) (подготовка)</i>	14,75	4,75	10
<i>самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям)</i>	37	10	27
<i>Подготовка к зачету (контроль)</i>	9	9	-
<i>Подготовка к экзамену (контроль)</i>	<b>24,6</b>	-	24,6
Вид промежуточного контроля:		зачет	экзамен

### 4.2 Содержание дисциплины

Таблица 3

Тематический план учебной дисциплины

Наименование разделов и тем дисциплин (укрупнёно)	Всего	Аудиторная работа				Внеаудиторная работа СР
		Л	ЛР	ПР	КРП	
<b>Раздел 1. Простые деформации</b>	<b>71,75</b>	16	16	16		23,75
<b>Контактная работа на промежуточном контроле (КРА)</b>	<b>0,25</b>					
<b>Всего за 3-й семестр</b>	<b>72</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>16</b>		<b>23,75</b>
<b>Раздел 2. Сложные деформации</b>	81	14	30	-		37
<b>Консультация перед экзаменом</b>	<b>2</b>					
<b>Контактная работа на промежуточном контроле (КРА)</b>	<b>0,40</b>					
<b>Экзамен</b>	<b>24,60</b>					24,60
<b>Всего за 4-й семестр</b>	<b>108</b>	<b>14</b>	<b>30</b>	<b>-</b>		<b>61,60</b>
<b>Итого по дисциплине</b>	<b>180</b>	<b>30</b>	<b>46</b>	<b>16</b>		<b>60,75</b>

## **Раздел 1. Простые деформации**

### **Тема 1. Введение основные понятия**

Задачи курса сопротивления материалов, его связь с другими инженерными дисциплинами. Исторический обзор. Роль отечественных учёных.

Внутренние силы и метод их определения (метод сечений), правило РОЗУ. Понятие о напряжении. Виды напряжений. Условие прочности. Виды деформаций стержня и элемента. Закон Гука.

### **Тема 2. Растяжение – сжатие.**

Внутренние нагрузки при растяжении-сжатии. Напряжения в произвольных сечениях, их исследование. Условие прочности. Деформации продольные и поперечные. Коэффициент поперечной деформации (коэффициент Пуассона). Закон Гука при растяжении и сжатии. Условие жёсткости. Объёмная деформация. Работа внешних нагрузок и потенциальная энергия деформации при растяжении и сжатии.

Исследование напряженного состояния, напряжение, внутренние силовые факторы при растяжении сжатии.

Внутренние силы при сдвиге (срезе). Напряжения в произвольных сечениях. Условие прочности.

### **Тема 3. Геометрические характеристики сечений**

Площадь и статический момент сечений. Осевые, центробежные и полярные моменты инерции сечений, их свойства. Зависимость между моментами инерции сечений при параллельном переносе и повороте координатных осей. Главные оси и главные моменты инерции. Их определение. Понятие о радиусе инерции. Моменты инерции для характерных сечений.

### **Тема 4. Плоский изгиб стержня.**

Понятие об изгибе стержня. Опоры и опорные реакции балки. Внешние силы, вызывающие плоский изгиб, определение реакций опор. Примеры деталей, испытывающих изгиб. Внутренние нагрузки, поперечная сила и изгибающий момент.

Дифференциальная зависимость между изгибающим моментом, поперечной силой и интенсивностью распределённой нагрузки (теорема Журавского), эпюры поперечной силы и изгибающего момента.

### **Тема 5. Определение перемещений при изгибе**

Чистый изгиб стержня. Основные гипотезы о деформации стержня. Нормальные напряжения при чистом изгибе. Условие прочности. Рациональные сечения балок. Поперечный изгиб. Касательные напряжения при поперечном изгибе (формула Журавского). Определение перемещений при изгибе. Дифференциальное уравнение изогнутой оси растяжение – сжатие

Определение перемещений при изгибе. Дифференциальное уравнение изогнутой оси. Метод единичных сил для определения перемещений. Формулы Максвелла – Мора и Верещагина/

## **Тема 6. Кручение стержней круглого поперечного сечения.**

### **Кручение стержней некруглого сечения**

Теория кручения стержней круглого поперечного сечения. Гипотеза плоских сечений до деформации и после деформации. Радиусы поперечных сечений. Расстояния между поперечными сечениями при кручении. Материал стержня подчиняется закону Гука.

Поперечные сечения, плоские и нормальные к оси вала до деформации, и после деформации. Прямолинейная ось вала. Радиусы поперечных сечений при деформации. Расстояния между сечениями вала в процессе деформации.

## **Тема 7. Основы напряженного и деформированного состояния**

Компоненты напряженного состояния. Название главных площадок и их обозначения? Расположение площадки с максимальной величиной касательных напряжений при линейном, плоском и объемном напряженном состоянии.

Внутренние нагрузки, крутящий момент, построение эпюр. Особенности деформации кручения круглых стержней. Основные гипотезы. Сдвиг элементов стержня. Напряжения в поперечных и наклонных сечениях. Условия прочности для стержней круглого сечения. Полярный момент сопротивления сечения. Углы закручивания и условие жёсткости. Условия прочности, допускаемые напряжения.

## **Тема 8. Теории прочности**

Равно эквивалентное напряжение по третьей теории прочности (их назначения и недостатки). Четвертая теория прочности (их назначения и недостатки).

## **Раздел 2. Сложные деформации**

### **Тема 9. Неплоский изгиб.**

Понятие о сложных деформациях. Неплоский изгиб. Внутренние нагрузки. Определение напряжений и положения нулевой линии. Нахождение опасных сечений и опасных точек. Условия прочности. Определение перемещений и условия жёсткости.

Изгиб с растяжением-сжатием. Общий случай. Формула нормальных напряжений и условия прочности.

### **Тема 10. Изгиб с растяжением (сжатие)**

Внецентренное растяжение-сжатие стержня. Уравнение нулевой линии и его исследование. Понятие о ядре сечения.

### **Тема 11. Изгиб с кручением**

Изгиб с кручением стержней круглого сечения. Напряжённое состояние и использование теорий прочности. Понятие об эквивалентном моменте. Выражение эквивалентного момента по различным теориям прочности. Условия прочности.

## Тема 12. Статически неопределимые системы

Понятие о статически неопределимых системах. Лишние связи и лишние неизвестные. Расчет статически неопределимых систем методом сил. Степень статической неопределимости и её определение. Основная и эквивалентная системы. Уравнения перемещений. Растяжение – сжатие.

## Тема 13. Устойчивость элементов конструкций

Устойчивое и неустойчивое равновесие элемента. Продольный изгиб стержня. Критическая сила. Формула Эйлера для определения критической силы. Влияние способа закрепления концов. Гибкость стержня. Продольный изгиб в упруго-пластической стадии. Формула Ясинского.

График критических напряжений. Коэффициент понижения допускаемого напряжения. Обобщенная формула для практического расчета на продольный изгиб.

## Тема 14. Динамические нагрузки

Виды динамических нагрузок и принципы расчета. Расчет неравномерно движущихся деталей (инерционные нагрузки). Расчеты на прочность при ударных нагрузках. Линейный удар. Коэффициент динамичности. Расчеты при повторно-переменных нагрузках. Повторно-переменные нагрузки и их характеристики. Теория усталостного разрушения. Опытное определение предела выносливости. Основные факторы, влияющие на предел выносливости (состояние поверхности, масштабный фактор, концентрация напряжений, характер цикла). Растяжение – сжатие.

### 4.3 Лекции/лабораторные и практические занятия

Таблица 4

#### Содержание лекций/лабораторного практикума/практических занятий и контрольные мероприятия

№ п/п	№ раздела	№ и название лекций/ лабораторных и практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
1.	<b>Раздел 1. Простые деформации</b>				<b>48</b>
	Тема 1. Введение. Основные понятия сопротивления	Лекция № 1. Введение. Основные понятия. Внутренние силы и метод их определения (метод сечений), правило РОЗУ. Понятие о напряжении. Виды напряжений. Условие прочности. Виды деформаций стержня и элемента. Закон Гука.	УК-1.1; УК-1.2; УК-1.3; ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-5.1; ОПК-5.2.		2

№ п/п	№ раздела	№ и название лекций/ лабораторных и практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
	материалов.	<b>Лабораторная работа № 1.</b> Определение механических характеристик малоуглеродистой стали	ОПК-5.1; ОПК-5.2.	Защита лабораторной работы	2
		<b>Практическая работа № 1.</b> Расчеты при растяжении (сжатии)	ОПК-5.1; ОПК-5.2.	Защита практической работы	2
	<b>Тема 2.</b> Растяжение – сжатие.	<b>Лекция № 2.</b> Растяжение – сжатие. Внутренние нагрузки при растяжении-сжатии. Деформации продольные и поперечные. Коэффициент поперечной деформации (коэффициент Пуассона). Закон Гука при растяжении и сжатии. Условие жёсткости.	УК-1.1; УК-1.2; УК-1.3; ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-5.1; ОПК-5.2.		2
		<b>Практическая работа № 2.</b> Построение эпюр N и $\sigma$	УК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-5.1; ОПК-5.2.	Защита практической работы	2
		<b>Практическая работа № 3.</b> Расчет ферм.	УК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-5.1; ОПК-5.2.	Защита практической работы	2
		<b>Практическая работа № 4</b> Учет собственного веса.	УК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-5.1; ОПК-5.2.	Защита практической работы	2
		<b>Лабораторная работа № 2.</b> Изучение Закона Гука.	ОПК-1.1; ОПК-1.2;	Защита лабораторной работы	2
		<b>Лабораторная работа № 3.</b> Испытание стебля льна.	ОПК-1.1; ОПК-1.2;	Защита лабораторной работы	2
		<b>Лабораторная работа № 4.</b> Испытание стержня на срез.	ОПК-1.1; ОПК-1.2;	Защита лабораторной работы	2
		<b>Тема 3.</b> Геометрические характеристики сечений	<b>Лекция № 3.</b> Геометрические характеристики сечений. Площадь и статический момент сечений. Осевые, центробежные и полярные моменты инерции сечений, их свойства. Зависимость между	УК-1.1; УК-1.2; УК-1.3; ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-5.1;	

№ п/п	№ раздела	№ и название лекций/ лабораторных и практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
		моментами инерции сечений при параллельном переносе и повороте координатных осей. Главные оси и главные моменты инерции. Их определение. Понятие о радиусе инерции.	ОПК-5.2.		
		<b>Практическая работа № 5.</b> Моменты инерции сложных сечений	УК-1.3; ОПК-1.1	Защита практической работы	2
	<b>Тема 4.</b> Плоский изгиб стержня.	<b>Лекция № 4.</b> Плоский изгиб стержня. Понятие об изгибе стержня. Опоры и опорные реакции балки. Внешние силы, вызывающие плоский изгиб, определение реакций опор. Дифференциальная зависимость между изгибающим моментом, поперечной силой и интенсивностью распределённой нагрузки (теорема Журавского), эпюры поперечной силы и изгибающего момента.	УК-1.1; УК-1.2; УК-1.3; ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-5.1; ОПК-5.2.		2
		<b>Практическая работа № 6.</b> Построение эпюр поперечной силы и изгибающего момента	УК-1.1; УК-1.3; ОПК-1.1; ОПК-1.2;	Защита практической работы	2
		<b>Лабораторная работа № 5.</b> Определение напряжений в балки.	УК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-5.1; ОПК-5.2.	Защита лабораторной работы	2
	<b>Тема 5.</b> Определение перемещений при изгибе	<b>Лекция № 5.</b> Определение перемещений при изгибе. Кручение. Кручение стержней круглого поперечного сечения. Кручение стержней некруглого сечения	УК-1.1; УК-1.2; УК-1.3; ОПК-5.1; ОПК-5.2.		2
		<b>Практическая работа № 7.</b> Определение перемещений при изгибе методом единичных сил. Формулы Максвелла – Мора и Верещагина.	ОПК-1.1; ОПК-1.2;	Защита практической работы	2
		<b>Лабораторная работа № 6.</b> Изучение деформации балки.	УК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-5.1; ОПК-5.2.	Защита лабораторной работы	4

№ п/п	№ раздела	№ и название лекций/ лабораторных и практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контроль ного меропри ятия	Кол -во часо в
	<b>Тема 6.</b> Кручение стержней круглого поперечного сечения.	<b>Лекция № 6.</b> Кручение стержней круглого поперечного сечения.	УК-1.1; УК-1.2; УК-1.3; ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-5.1; ОПК-5.2.		2
		<b>Практическая работа № 8.</b> Расчет при кручении валов круглого поперечного сечения.	УК-1.1; УК-1.2; ОПК-5.1; ОПК-5.2.	Защита практической работы	4
		<b>Решение задач</b>		Защита задач	
		<b>Лабораторная работа № 7.</b> Испытание стержня на кручение	УК-1.1; УК-1.2; ОПК-5.1; ОПК-5.2.	Защита лабораторной работы	2
		<b>Лабораторная работа № 8.</b> Изучение деформации цилиндрической винтовой пружины	УК-1.1; УК-1.2; ОПК-5.1; ОПК-5.2.	Защита лабораторной работы	2
<b>Тема 7.</b> Основы напряженного и деформированного состояния	<b>Лекция №7.</b> Внутренние нагрузки, крутящий момент, построение эпюр. Сдвиг элементов стержня. Напряжения в поперечных и наклонных сечениях. Условия прочности для стержней круглого сечения. Полярный момент сопротивления сечения. Условия прочности, допускаемые напряжения.	УК-1.1; УК-1.2; ОПК-5.1; ОПК-5.2.		2	
<b>Тема 8.</b> Теории прочности	<b>Лекция № 8.</b> Теории прочности. Основы напряженного и деформированного состояния. Четвертая теория прочности (их назначения и недостатки).	УК-1.1; ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-5.1; ОПК-5.2.		2	
2.	<b>Раздел 2. Определение деформации стержней при прямом изгибе</b>				<b>44</b>
	<b>Тема 9.</b> Неплоский изгиб. Изгиб с растяжением (сжатие).	<b>Лекция № 9.</b> Неплоский изгиб. Изгиб с растяжением (сжатие). Изгиб с кручением. Понятие о сложных деформациях. Условия прочности.	УК-1.1; УК-1.2; УК-1.3; ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-5.1; ОПК-5.2.		2



№ п/п	№ раздела	№ и название лекций/ лабораторных и практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контроль ного меропри ятия	Кол -во часо в
	Изгиб с кручени ем	<b>Практическая работа №9</b> Экспериментальная проверка теории косого изгиба.	УК-1.1; УК-1.2; ОПК-5.1; ОПК-5.2.	Защита практичес кой работы	2
		<b>Практическая работа №10</b> Расчеты при неплоском изгибе.	УК-1.1; УК-1.2; ОПК-5.1; ОПК-5.2.	Защита практичес кой работы	2
	<b>Тема 10.</b> Изгиб с растяже нием (сжатие)	<b>Лекция № 10.</b> Изгиб с растяжением (сжатие).	УК-1.1; УК-1.2; УК-1.3; ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-5.1; ОПК-5.2		2
		<b>Практическая работа №11</b> Расчет при внецентренном растяжении (сжатии).	УК-1.1; УК-1.2; ОПК-5.1; ОПК-5.2.	Защита практичес кой работы	2
		<b>Практическая работа №12</b> Определение напряжений при внецентренном растяжении (сжатии).	УК-1.1; УК-1.2; ОПК-5.1; ОПК-5.2.	Защита практичес кой работы	2
		<b>Практическая работа №13</b> Ядро сечения.	УК-1.1; УК-1.2; ОПК-5.1; ОПК-5.2.	Защита практичес кой работы	2
		<b>Лекция № 11.</b> Изгиб с кручением.	УК-1.1; УК-1.2; ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-5.1; ОПК-5.2.		2
	Изгиб с кручени ем	<b>Практическая работа №14</b> Расчет при изгибе с кручением	УК-1.1; УК-1.2; ОПК-5.1; ОПК-5.2.	Защита практичес кой работы	4
		<b>Практическая работа №15</b> Подбор диаметра вала при изгибе с кручением.	УК-1.1; УК-1.2; ОПК-5.1; ОПК-5.2.	Защита практичес кой работы	2
		<b>Тема 12.</b> Статичес	<b>Лекция № 12</b> Статически неопределимые системы. Понятие о	УК-1.1; УК-1.2;	

№ п/п	№ раздела	№ и название лекций/ лабораторных и практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контроль ного меропри ятия	Кол -во часо в
	ки неопреде лимые системы	статически неопределимых системах. Лишние связи и лишние неизвестные. Расчет статически неопределимых систем методом сил. Степень статической неопределимости и её определение. Основная и эквивалентная системы. Уравнения перемещений. Растяжение – сжатие.	ОПК-5.1; ОПК-5.2.		
		<b>Практическая работа №16</b> Расчет статически неопределимых балок.	УК-1.1; УК-1.2; ОПК-5.1; ОПК-5.2.	Защита практичес кой работы	2
		<b>Практическая работа №17</b> Определение опорного момента статически неопределимой балки.	УК-1.1; УК-1.2; ОПК-5.1; ОПК-5.2.	Защита практичес кой работы	2
	<b>Тема 13.</b> Устойчи вость элементо в конструк ций	<b>Лекция № 13.</b> Устойчивость элементов конструкций. Устойчивое и неустойчивое равновесие элемента. Продольный изгиб стержня. Критическая сила. Формула Эйлера для определения критической силы.	УК-1.1; УК-1.2; ОПК-5.1; ОПК-5.2.		4
		<b>Практическая работа №18</b> Расчет на устойчивость стержней.	УК-1.1; УК-1.2; ОПК-5.1; ОПК-5.2.	Защита практичес кой работы	2
		<b>Практическая работа №19</b> Экспериментальная проверка справедливости формул Эйлера и Ясинского.	УК-1.1; УК-1.2; ОПК-5.1; ОПК-5.2.	Защита практичес кой работы	2
	<b>Тема 14.</b> Динамич еские нагрузки	<b>Лекция 14.</b> Динамические нагрузки. Виды динамических нагрузок и принципы расчета. Расчет неравномерно движущихся деталей (инерционные нагрузки). Расчеты на прочность при ударных нагрузках. Линейный удар. Коэффициент динамичности. Расчеты при повторно-переменных нагрузках. Повторно-переменные нагрузки и их характеристики. Теория усталостного разрушения. Растяжение – сжатие.	УК-1.1; УК-1.2; ОПК-5.1; ОПК-5.2.		2
		<b>Практическая работа №20</b>	УК-1.1;	Защита	2

№ п/п	№ раздела	№ и название лекций/ лабораторных и практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контроль ного меропри ятия	Кол -во часо в
		Расчет на ударные нагрузки.	УК-1.2; ОПК-5.1; ОПК-5.2.	практичес кой работы	
		<b>Практическая работа №21</b> Определение ударной вязкости образцов из различных материалов.	УК-1.1; УК-1.2; ОПК-5.1; ОПК-5.2.	Защита практичес кой работы	2

#### 4.4 Самостоятельное изучение разделов дисциплины

Таблица 5

##### Перечень вопросов для самостоятельного изучения дисциплины

№ п/п	№ раздела и темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
<b>Раздел 1. Простые деформации</b>		
1.	<b>Тема 1.</b> Введение. Основные понятия сопротивления материалов.	1. Что является предметом изучения в СМ? 2. Какие основные задачи рассматриваются в СМ? 3. Назовите основные гипотезы курса? 4. Какие нагрузки называются внутренними? (УК-1.1; УК-1.2;УК-1.3; ОПК-1.1; ОПК-1.2;ОПК-5.1,ОПК-5.2.)
2.	<b>Тема 2.</b> Растяжение – сжатие.	1. Как формулируется закон Гука? 2. Что называется допускаемым напряжением? Как оно определяется для пластичных и хрупких материалов? 3. Что отражают характеристики прочности и пластичности? 4. Как по эпюре можно найти опасное сечение? 5. Почему в качестве проверочной формулы принимают нормальное, а не касательное напряжение? 6. Что называется деформацией среза? 7. Какую площадь принимают за расчетную при срезе? 8. От чего зависит допускаемое касательное напряжение на срез? (УК-1.1; УК-1.2;УК-1.3; ОПК-1.1; ОПК-1.2;ОПК-5.1,ОПК-5.2.)
3.	<b>Тема 3.</b> Геометрические характеристики сечений.	1. Что называется статическим моментом плоского сечения относительно, какой либо оси? 2. Как определить координаты центра сложного сечения? 3. Что называется полярным и осевым моментом инерции сечения, какова между ними связь? (УК-1.1; УК-1.2;УК-1.3; ОПК-1.1; ОПК-1.2;ОПК-5.1,ОПК-5.2.)
4.	<b>Тема 4.</b> Плоский изгиб стержня.	1. В чем состоит гипотеза плоских сечений? (УК-1.1; УК-1.2;УК-1.3; ОПК-1.1; ОПК-1.2;ОПК-5.1,ОПК-5.2.)
	<b>Тема 5.</b> Определение перемещений при изгибе	2. Какой изгиб называется чистым? (УК-1.1; УК-1.2;УК-1.3; ОПК-1.1; ОПК-1.2;ОПК-5.1,ОПК-5.2.)
5.	<b>Тема 6.</b> Кручение. Кручение стержней круглого поперечного сечения.	1. Что называется крутящим моментом? Как он определяется и его размерность? 2. Как определяется относительный угол закручивания? 3. Как формулируется закон Гука при сдвиге?

№ п/п	№ раздела и темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
		(УК-1.1; УК-1.2; УК-1.3; ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-5.1, ОПК-5.2.)
6.	<b>Тема 7.</b> Основы напряженного и деформированного состояния	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. В чем сущность гипотезы плоских сечений и допущения о ненадавливании волокон друг на друга?</li> <li>2. Докажите, что при прямом изгибе нейтральная линия является центральной главной осью поперечного сечения бруса?</li> <li>3. Что такое изгибающий момент (<math>M_x</math>)?</li> <li>4. Выразите <math>M_x</math> через напряжения в рассматриваемом сечении?</li> <li>5. Как определяется <math>M_x</math> через внешние силы?</li> <li>6. Что такое поперечная сила (<math>Q_y</math>)?</li> <li>7. Как определяется <math>Q_y</math> через внешние силы?</li> <li>8. Чем отличается статически определимая балка от статически неопределимой?</li> </ol> (УК-1.1; УК-1.2; УК-1.3; ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-5.1, ОПК-5.2.)
7.	<b>Тема 8.</b> Теории прочности	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Чему равно эквивалентное напряжение по третьей теории прочности? (назначение и недостатки).</li> <li>2. Четвертая теория прочности? (назначение и недостатки).</li> </ol> (УК-1.1; УК-1.2; УК-1.3; ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-5.1, ОПК-5.2.)
<b>Раздел 2. Определение деформации стержней при прямом изгибе</b>		
8.	<b>Тема 9.</b> Неплоский изгиб.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Какая деформация называется неплоским изгибом?</li> <li>2. Какая линия называется нулевой?</li> <li>3. Какая деформация называется неплоским изгибом?</li> </ol> (УК-1.1; УК-1.2; УК-1.3; ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-5.1, ОПК-5.2.)
9.	<b>Тема 10.</b> Изгиб с растяжением (сжатие).	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Какому виду напряженного состояния относится изгиб с кручением?</li> </ol> (УК-1.1; УК-1.2; УК-1.3; ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-5.1, ОПК-5.2.)
9.	<b>Тема 11.</b> Изгиб с кручением	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Какому виду напряженного состояния относится изгиб с кручением?</li> </ol> (УК-1.1; УК-1.2; УК-1.3; ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-5.1, ОПК-5.2.)
	<b>Тема 12.</b> Статически неопределимые системы	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Каков порядок решения статически неопределимых стержневых систем?</li> <li>2. Понятие эквивалентной и основной систем?</li> </ol> (УК-1.1; УК-1.2; УК-1.3; ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-5.1, ОПК-5.2.)
10.	<b>Тема 13.</b> Устойчивость элементов конструкций	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Назовите компоненты напряженного состояния?</li> <li>2. Какие площадки называются главными, как они обозначаются?</li> <li>3. Как расположена площадка с максимальной величиной касательных напряжений при линейном, плоском и объемном напряженном состоянии?</li> </ol> (УК-1.1; УК-1.2; УК-1.3; ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-5.1, ОПК-5.2.)
11.	<b>Тема 14.</b> Динамические нагрузки	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Какие нагрузки называются динамическими?</li> <li>2. В чем заключается принцип Д Аламбера?</li> </ol> (УК-1.1; УК-1.2; УК-1.3; ОПК-1.1; ОПК-1.2; ОПК-5.1, ОПК-5.2.)

## 5. Образовательные технологии

В процессе преподавания дисциплины «Сопротивление материалов» в совокупности с традиционной (объяснительно-иллюстративной) технологией обучения используются элементы инновационных технологий.

Согласно учебному плану и графику учебного плана для организации процесса освоения студентами дисциплины используются следующие формы теоретического и практического обучения, соответствующие традиционной (объяснительно-иллюстративной) и инновационным технологиям:

- основные формы теоретического обучения: лекции, консультации, зачет и экзамен;
- основные формы практические и лабораторные работы;
- дополнительные формы организации обучения: задачи и самостоятельные работы студентов.

В процессе реализации форм обучения предполагается применение различных методов и средств обучения, соответствующих традиционной и инновационным технологиям. Соотнесенность тем в структуре содержания дисциплины, применяемых для их изучения технологий и соответствующих им форм и методов (и средств) обучения представлены ниже (в таблице 6).

К *интерактивным формам проведения занятий* в данном курсе относится лабораторный практикум и тестирование знаний, проводимый в компьютерных классах. В процессе выполнения практических и лабораторных работ студент активно взаимодействует с преподавателем – уточняет (при необходимости) задание, обсуждает возможные пути решения задачи, консультируется в случае возникновения затруднений при решении поставленной задачи.

Защита практических и лабораторных работ и расчётно-графически работ осуществляется в форме собеседования и решения дополнительных задач, в ходе которого преподаватель определяет степень самостоятельности выполнения работы, глубину освоения студентом теоретического материала, способность применять эти знания для решения практических задач.

Таблица 6

**Применение активных и интерактивных образовательных технологий**

№ п/п	Тема и форма занятия		Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий
1.	Теория усталостного разрушения.	Л	Лекция -визуализация. /Компьютерный класс
2.	Опытное определение предела выносливости.	ЛР	Лабораторный практикум /Компьютерный класс
3.	Расположение площадки с максимальной величиной касательных напряжений при линейном, плоском и объемном напряженном состоянии.	Т	Тестирование /Компьютерный класс

Занятия целесообразно проводить в интерактивной форме – лекция-дискуссия, совместная работа студентов в группе при проведении и выполнении лабораторных работ.

**6. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины**

## 6.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности

1) При изучении дисциплины «Сопротивление материалов» предусмотрены расчетно-графические работы (РГР).

РГР выполняется студентом во внеурочное время с использованием любых информационных материалов. РГР носит расчетный характер и обязательно выполняется в электронных таблицах Excel. Оформляется РГР в текстовом редакторе Word.

**Примерные тематики РГР:**

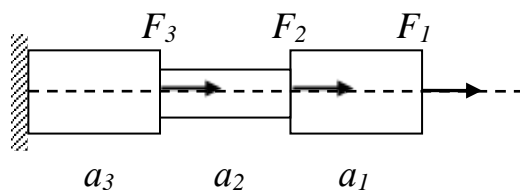
### РАЗДЕЛ 1. ПРОСТЫЕ ДЕФОРМАЦИИ

Построить эпюры и определить деформацию стержня:  $F_1, F_2, F_3$  кН;  $a_1, a_2, a_3$  м;  $A_1, A_2, A_3$  мм<sup>2</sup>

При расчете необходимо определить внутреннюю нагрузку – продольную силу  $N$ , нормальное напряжение  $\sigma$ , построить их эпюры и определить деформацию стержня.

Для ступенчатого стального стержня к которому приложены внешние силы:  $F_1, F_2, F_3$ , –кН; площади поперечных сечений  $A_1, A_2, A_3$  – мм<sup>2</sup>; длины ступеней  $a_1, a_2, a_3$  – м; требуется:

1. Построить эпюры продольных сил  $N$  и нормальных напряжений  $\sigma$ .
2. Найти перемещение свободного конца бруса  $\Delta L$ .
3. Необходимо определить внутренние нагрузки и нормальные напряжения на участках, построить их эпюры, и вычислить деформацию стержня.



#### Требование задачи

1. Как определяются внутренние силы?
2. В чем заключается метод сечений?

#### Конструкт решения задачи

1. Определить вид деформации.
2. Использовать метод сечений.
3. Найти внутренние нагрузки.
4. Определить напряжение на каждом участке.
5. Построить их эпюры.
6. Определить продольную деформацию стержня.

Планируемый объем одной расчетно-графической работы – 2-5 страниц.

В случае обнаружения в работе недочетов, наличия в тексте работы большого числа грамматических ошибок, а также в случае небрежного оформления текста, расчетно-графическая работа возвращается на доработку.

### РАЗДЕЛ 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕФОРМАЦИИ СТЕРЖНЕЙ ПРИ ПРЯМОМ ИЗГИБЕ

**РГР** выполняется студентом во внеурочное время с использованием любых информационных материалов. **РГР** носит расчетный характер и обязательно выполняется в электронных таблицах Excel. Оформляется **РГР** в текстовом редакторе Word.

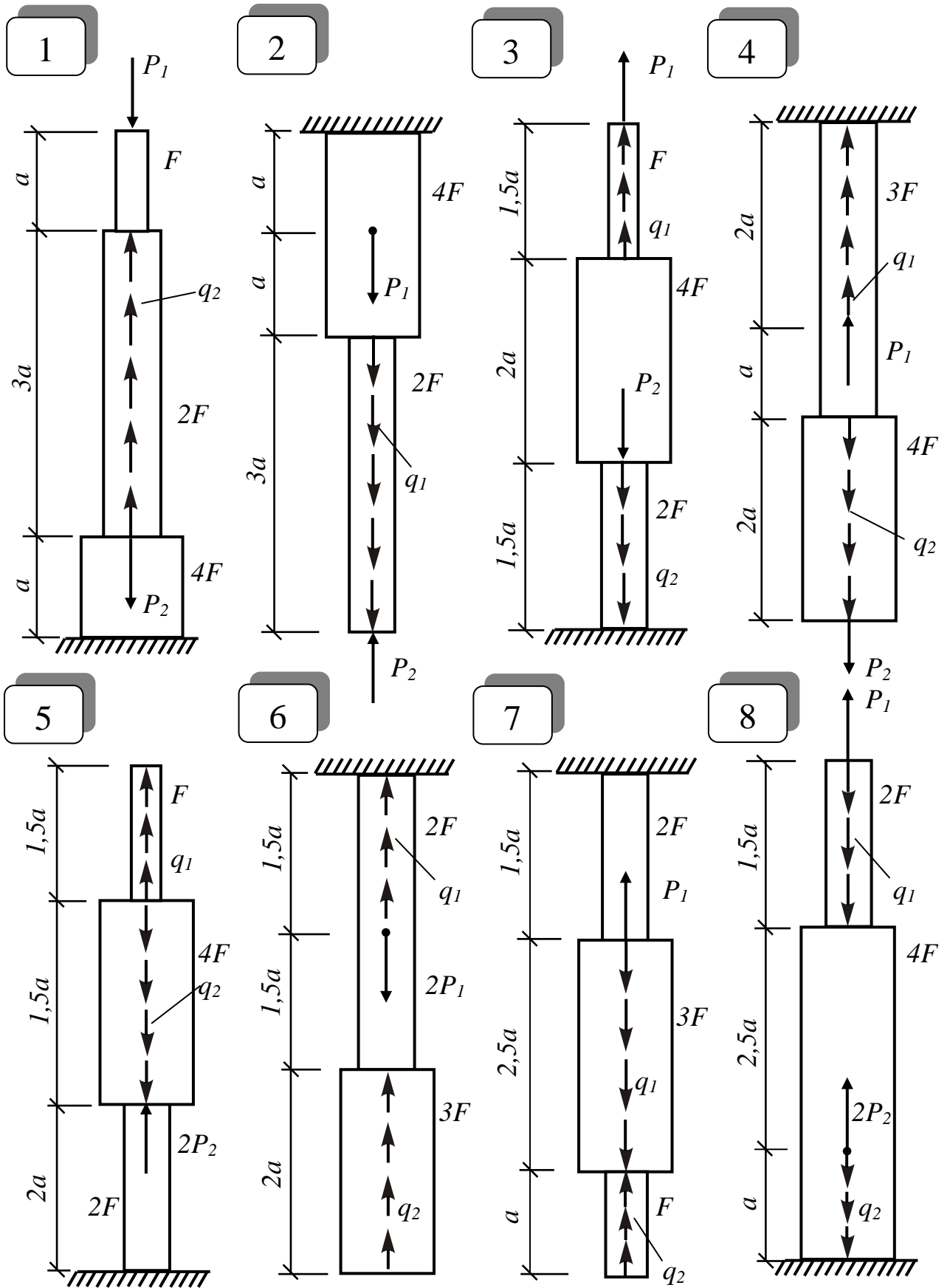
**Примерные тематики РГР:**

Для статически определимого стержня ступенчато постоянного сечения по схеме №... при осевых нагрузках и геометрических размерах по строке №... требуется:

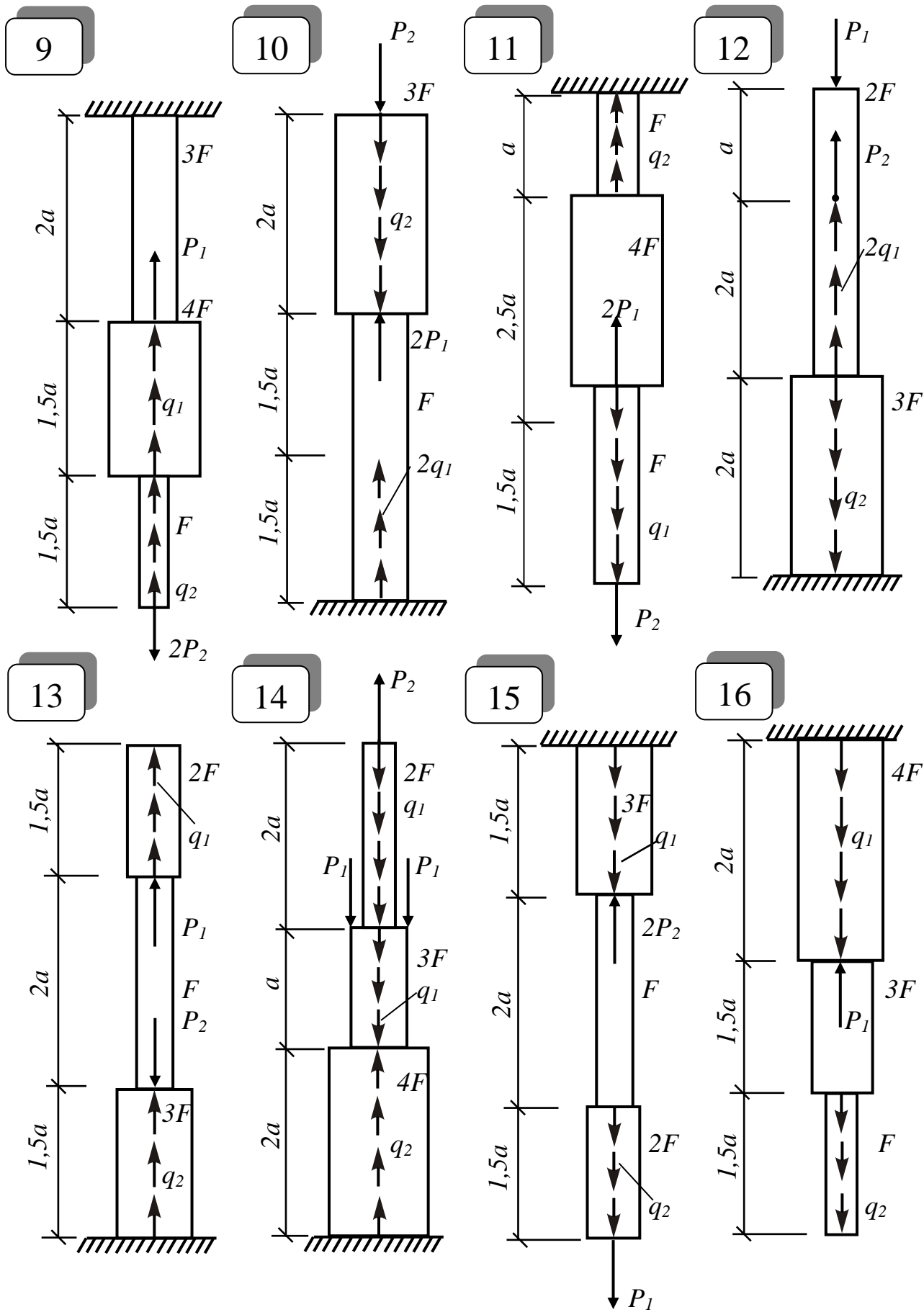
1. Определить опорную реакцию в месте закрепления стержня.
2. Вычислить значения продольных сил и нормальных напряжений в характерных сечениях и построить эпюры этих величин.
3. Найти величины абсолютных удлинений (укорочений) участков стержня и величину общего удлинения (укорочения) стержня в целом.
4. Определить значения осевых перемещений характерных сечений и построить эпюру осевых перемещений.

Таблица 1

№	$a, \text{ м}$	$F, \text{ см}^2$	$P_1, \text{ кН}$	$P_2, \text{ кН}$	$q_1, \text{ кН/м}$	$q_2, \text{ кН/м}$	$E, \text{ МПа}$
1	0,4	18	28	40	8	24	$2,0 \cdot 10^5$
2	0,6	12	15	35	10	22	$0,7 \cdot 10^5$
3	0,8	24	20	30	12	20	$1,0 \cdot 10^5$
4	1,0	26	25	10	14	18	$2,0 \cdot 10^5$
5	1,2	28	30	20	16	8	$0,7 \cdot 10^5$
6	0,4	30	35	25	18	10	$1,0 \cdot 10^5$
7	0,6	32	40	8	20	8	$2,0 \cdot 10^5$
8	0,8	18	10	16	22	6	$0,7 \cdot 10^5$
9	1,0	20	16	40	24	14	$1,0 \cdot 10^5$
10	1,2	22	21	35	8	18	$2,0 \cdot 10^5$
11	0,4	24	34	14	10	16	$0,7 \cdot 10^5$
12	0,6	26	30	16	12	20	$1,0 \cdot 10^5$
13	0,8	28	26	18	14	22	$2,0 \cdot 10^5$
14	1,0	30	20	12	16	24	$0,7 \cdot 10^5$
15	1,2	32	24	10	18	12	$1,0 \cdot 10^5$
16	0,4	15	33	20	10	24	$2,0 \cdot 10^5$
17	0,8	25	30	12	15	20	$0,7 \cdot 10^5$
18	1,6	30	20	40	18	12	$1,0 \cdot 10^5$
19	0,9	25	40	36	16	25	$2,0 \cdot 10^5$
20	1,0	12	28	45	18	20	$0,7 \cdot 10^5$
21	0,5	20	45	60	35	20	$1,0 \cdot 10^5$
22	1,0	15	20	32	16	24	$2,0 \cdot 10^5$

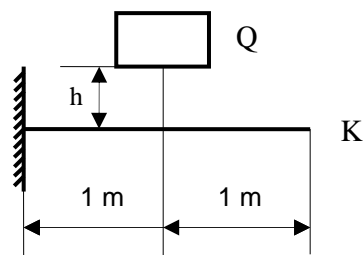






2) Пример типовых задач для текущего контроля знаний обучающихся:  
РАЗДЕЛ 1. ПРОСТЫЕ ДЕФОРМАЦИИ

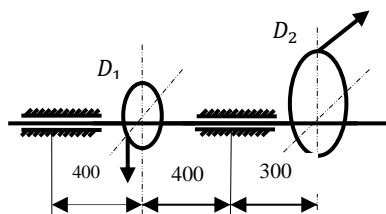
### Задача 1



1. Определить допустимую нагрузку и коэф. Запаса устойчивости для стойки  $d = 100 \text{ mm}$ ,  $l = 4 \text{ m}$ , материал Ст.3,  $[\sigma]_{\text{ст}} = 160 \text{ МПа}$ . Концы стойки шарнирно закреплены.

### Задача 2

1. Найти перемещение точки «К» при падении груза  $Q = 1 \text{ kH}$  с высоты  $h = 0,5 \text{ m}$ . Балка квадратного сечения со стороной  $a = 100 \text{ mm}$ ,  $E = 1 \cdot 10^5 \text{ МПа}$



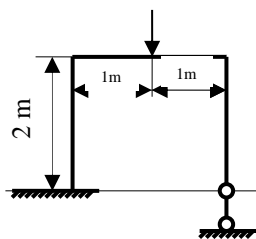
### Задача 3

1. Подобрать диаметр вала, если:  $D_1 = 100 \text{ mm}$ ,  $D_2 = 200 \text{ mm}$ ,  $[\sigma] = 150 \text{ МПа}$ . Передаваемый момент  $M_k = 5 \text{ kHm}$



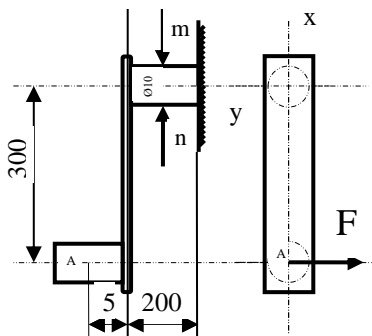
### Задача 4

1. Подсчитать величину допустимой нагрузки на стойку, составленную из двух швеллеров № 20, материал ст3,  $[\sigma]_{\text{ст}} = 160 \text{ МПа}$ . Профили расположены рационально с точки зрения устойчивости.



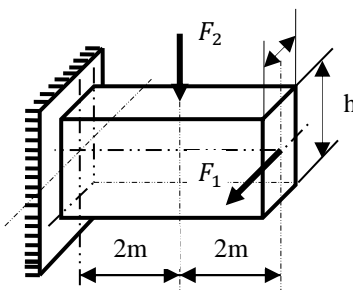
### Задача 5

1. Для П-образной рамы построить эпюру  $M$  сум.



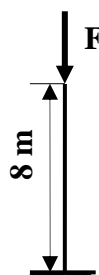
### Задача 6

2. Коленчатый стержень нагружен на цапфе в точке А горизонтальной силой  $F = 16 \text{ кН}$ . Определить расчетное напряжение в сечении m-n по 3-й теории прочности.



### Задача 7

1. Подобрать сечение балки, если  $[\sigma] = 12 \text{ МПа}$ ,  $F_1 = 4 \text{ кН}$ ,  $F_2 = 20 \text{ кН}$ ,  $n/b$ .



1. Определить допускаемую нагрузку для стержня, имеющего сечение в виде уголка  $80 \times 80 \times 8 \text{ мм}$ . Материал Ст.3,  $E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$ , коэф. запаса устойчивости  $m = 2,8$ .

### 3) Пример вопросов при защите практической и лабораторной работы для текущего контроля знаний обучающихся

Практические и лабораторные работы (ПР, ЛР) направлены на практическое закрепление теоретического материала дисциплины «Сопротивление материалов». В результате студент должен **знать** стандарты ЕСКД, общие сведения, сопряжения, уклоны, конусности, лекальные кривые, классификацию детали, эскизы: компоновки, типовых деталей: вал, шестерня, крышка, корпус, вала шестерни, размеры, крышки, корпуса; уметь делать построение 3-го вида, косо́го сечения, аксонометрические изображения,

изометрия, сложные разрезы, разрезы ступенчатые, способы: задания плоскости, перемены плоскостей, вращения и плоскопараллельного перемещения, главные позиционные задачи и алгоритмы их решения, пересечение линии с поверхностью; **уметь** делать точки, прямые развертки линейчатых поверхностей; применять полученные знания и навыки при изучении специальных дисциплин; владеть плоскопараллельным перемещением, вращением вокруг линий уровня; навыками выполнения прямых и плоских кривых линий, образования поверхностей, поверхности вращения; **применять** полученные знания и навыки при изучении специальных дисциплин; владеть построениям как простые разрезы, профильно-проецирующее сечение, аксонометрические изображения, прямоугольная диметрия; **навыками** выполнения сложных разрезов, разрезы ломаные, построения ортогональных проекций по аксонометрическому изображению, соединение: резьбовые, трубные, зубчатые, шпоночные, шлицевые, технический рисунок, правила выполнения, составление конструкторской документации.

Допуск к выполнению ПР и ЛР происходит при условии освоения материала и наличия у студента заполненной таблицы опытных данных в журнале практических и лабораторных работ. Отчет по практической и лабораторной работе представляется с полностью обработанными результатами измерений, графическим материалом, выводами. Защита отчета проходит в форме доклада студента по выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя.

## **РАЗДЕЛ 1. ПРОСТЫЕ ДЕФОРМАЦИИ**

### ***Тема 1. Введение основные понятия***

#### ***Практическая работа № 1. «Определение механических характеристик малоуглеродистой стали»***

1. Как работают силоизмерительное и записывающее устройство.
2. Какие по форме поперечного сечения образцы предусматривает ГОСТ?
3. Какое соотношение между диаметром и длиной рабочей зоны образца предусматривает ГОСТ?
4. Для чего нужна диаграмма растяжения материала, и в каких координатах она строится.
5. Почему диаграмму растяжения следует называть параметрической?
6. Почему за ось абсцисс при построении диаграммы растяжения принимают абсолютное удлинение?
7. С какой целью обращают функциональную зависимость нагрузки от удлинения?
8. Какой вид имеет диаграмма растяжения малоуглеродистой стали?
9. Сколько характерных зон деформирования имеет диаграмма растяжения?
10. Как называют зоны деформирования диаграммы растяжения?
11. Как проходит процесс деформирования на различных участках диаграммы?

#### ***Лабораторная работа № 2. Расчеты при растяжении (сжатии)***

1. Краткие сведения о механических свойствах, испытании на растяжение и показателях механических свойств, определяемых при этом, схема и сущность измерения твердости по Роквеллу.

2. Расчет основных характеристик прочности и пластичности сталей.

3. Таблицы результатов испытаний на растяжение и измерения твердости.

4. Вывод о влиянии содержания углерода на твердость, прочность и пластичность стали.

### ***Контрольные вопросы***

1. Что такое механические свойства, их характеристики?

2. Какие характеристики пластичности Вам известны?

3. Что такое физический предел текучести?

4. Что такое условный предел текучести?

5. Что такое твердость?

6. Какие виды испытаний на твердость Вы знаете?

7. В чем сущность определения твердости по Роквеллу?

8. Что такое HRA, HRB, HRC?

## ***Тема 2. Растяжение – сжатие. Срез (сдвиг)***

### ***Практическая работа № 3. Построение эпюр $N$ и $\sigma$ .***

1. В чем сущность метода сечений?

2. Сформулируйте принцип независимости действия сил.

3. Что называется эпюрой внутреннего усилия и для чего она строится?

4. Какое правило знаков принято для продольной силы?

5. Что называется интенсивностью распределенной нагрузки?

6. Какое правило знаков принято для крутящего момента?

7. Какие условия должны выполняться для неподвижного соединения балок с основанием?

8. Какие типы балок используются в строительных сооружениях?

### ***Лабораторная работа № 4. Расчет ферм.***

1. Из каких элементов состоит ферма?

2. На что работает ферма и ее отдельные элементы?

3. От чего зависит толщина фасонки?

4. Как назначается расчетная длина стержней фермы?

5. Минимальная толщина сварного шва?

6. Для чего проверяют гибкость растянутых стержней?

## ***Тема 3. Геометрические характеристики сечений***

### ***Практическая работа № 6. Моменты инерции характерных сечений***

1. Как формулируется понятия инерции материальной точки и твёрдого тела?

2. В каких ситуациях применима теорема Штейнера?

3. Как формулируется теорема Штейнера?

4. Под действием какой силы совершается колебательное движение маятника?
5. Является ли момент инерции аддитивной величиной?
6. Объяснить метод определения момента инерции с помощью физического маятника.
7. Какой маятник называется физическим?
8. Физическим маятником называется любое твёрдое тело, которое под действием силы тяжести со.
9. При каких формальных допущениях справедлива формула периода колебаний маятника?
10. Как записывается основной закон динамики вращательного движения?

***Лабораторная работа № 5. Момент инерции твёрдых тел***

1. В каких ситуациях применима теорема Штейнера?
2. Как формулируется понятия инерции материальной точки и твёрдого тела?
3. Как формулируется теорема Штейнера?
4. Под действием какой силы совершается колебательное движение маятника?
5. Является ли момент инерции аддитивной величиной?
6. Объяснить метод определения момента инерции с помощью физического маятника.
7. Какой маятник называется физическим?
8. Как записывается основной закон динамики вращательного движения?

***Тема 4. Плоский (поперечный) изгиб. Определение перемещений при изгибе***  
***Практическая работа № 6. Определение моментов инерции сложных сечений***

1. Запишите аналитические выражения для момента инерции частицы и твёрдого тела. Как производится расчет момента инерции обруча, стержня, диска?
2. В чем состоит суть теоремы Штейнера?
3. Получите основное уравнение динамики вращательного движения.
4. Получите уравнение колебаний крутильного маятника.
5. Как рассчитать период колебаний крутильного маятника?

***Тема 5. Кручение. Кручение стержней круглого поперечного сечения. Кручение стержней некруглого сечения***

***Практическая работа № 3. Изучение деформации балки***

1. Что называется деформацией? Какие виды деформации существуют?
2. По какому признаку тела делятся на упругие и неупругие? Каковы особенности действия сил, возникающих внутри тел при упругих и пластических деформациях?
3. Какие основные виды деформации можно выделить, и что они собой представляют?

2. Каким условиям удовлетворяют упругие деформации?
3. Что называется усилием и напряжением?
4. Что такое абсолютная и относительная деформация?
4. Сформулируйте закон Гука для деформации одностороннего растяжения или сжатия.
5. Каков физический смысл модуля Юнга и в каких единицах он измеряется в СИ?
6. Что такое коэффициент Пуассона?
7. Что такое пределы пропорциональности, текучести и прочности?
8. Опишите деформацию сдвига. Какими параметрами она характеризуется?
9. Запишите закон Гука для деформации сдвига.
10. Какая связь существует между модулем Юнга и модулем упругости при сдвиге?
11. Что такое изгиб, каким параметром он характеризуется, через какие элементарные деформации он выражается?
12. Запишите формулу связывающую модуль Юнга со стрелой прогиба.

***Лабораторная работа № 4. Расчеты валов круглого поперечного сечения на кручение.***

1. Какой вид нагружения называется кручением?
2. При каком нагружении возникает кручение бруса (вала)?
3. Какой силовой фактор вызывает закручивание бруса?
4. Что такое крутящий момент?
5. Что называется валом?
6. Как называется напряженное состояние, возникающее при кручении круглого бруса (вала)?
7. Какие деформации возникают при кручении?
8. Какие гипотезы выполняются при деформации кручения?
9. Изменяются ли длина и диаметр вала после скручивания?
10. Какие внутренние силовые факторы возникают при кручении?
11. Что такое рациональное расположение колес на валу?
12. Вывести формулу для определения напряжений в поперечном сечении скручиваемого круглого бруса.
13. Вывести формулы для определения относительного и полного угла закручивания круглого бруса.
14. Какая теоретическая зависимость существует между внешним крутящим моментом, поступающим на вал, и передаваемой мощностью?
15. Как вычисляется скручивающий момент, передаваемый шкивом, по заданной мощности и числу оборотов в минуту?
16. Как вычисляют значение крутящего момента в поперечном сечении вала?
17. Что такое эпюра крутящего момента и как она строится?

***Тема 6. Основы напряженного и деформированного состояния***

### ***Практическая работа № 3. Расчеты при плоском изгибе***

1. Какой вид нагружения называется изгибом?
2. Какой изгиб называется чистым, поперечным?
3. Какой изгиб называют чистым, поперечным, прямым и косым?
4. Сформулируйте определение «поперечный изгиб»?
5. Сформулируйте понятие «чистый изгиб»?
6. Какую плоскость называют силовой?
7. Что понимается под волокнами бруса?
8. Что такое нейтральная линия, силовая линия?
9. Какие силовые факторы возникают в сечении балки при чистом изгибе?
10. Какие силовые факторы возникают в сечении при поперечном изгибе?
11. Какой силовой фактор вызывает изгиб бруса?
12. Охарактеризуйте тип деформации бруса при изгибе?
13. Что такое нейтральный слой?

## **РАЗДЕЛ 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕФОРМАЦИИ СТЕРЖНЕЙ ПРИ ПРЯМОМ ИЗГИБЕ**

### ***Тема 1. Основы теории напряженного и деформированного состояния. Теории прочности***

#### ***Лабораторная работа № 1. Определение напряжений при поперечном изгибе балки.***

1. Какие перемещения получают точки оси балки при изгибе?
2. Какая зависимость между прогибами и углами поворота сечений?
3. При каких прогибах и углах поворота справедлива теория изгиба балок?
4. Какие гипотезы приняты в теории изгиба балок?
5. Как записывается дифференциальное уравнение упругой линии?
6. Как записывается универсальное уравнение упругой линии?
7. Что такое начальные параметры и из каких условий они определяются?
8. Почему при экспериментальном определении прогиба проводится несколько нагружений?
9. Чем объясняется расхождение между теоретическим и экспериментальным значениями прогиба?

#### ***Лабораторная работа № 2. Определение перемещений при изгибе балки.***

1. Какой вид деформации балки называется поперечным изгибом?
2. Как определяются нормальные напряжения в поперечном сечении при изгибе балки?
3. Как определяются касательные напряжения в поперечном сечении при изгибе балки?
4. Что такое нейтральный слой и нейтральная ось и как они расположены?
5. Как определяются геометрические характеристики поперечного сечения и какую они имеют размерность?
6. В каких точках поперечного сечения возникают при изгибе максимальные нормальные напряжения?
7. В каких точках поперечного сечения возникают при изгибе максимальные касательные напряжения?
8. Как определяются напряжения электротензометрическим методом?



9. Чем объясняется расхождение теоретического и экспериментального значений нормальных напряжений?

### ***Лабораторная работа № 3. Косой изгиб***

1. Что такое косой изгиб?
2. Какие силовые факторы действуют в поперечном сечении стержня при косом изгибе?
3. По какой формуле определяются нормальные напряжения при косом изгибе стержня?
4. Что такое нулевая линия в поперечном сечении и каким свойством она обладает?
5. В каких точках поперечного сечения возникают максимальные по модулю нормальные напряжения?
6. Как определяются перемещения точек оси стержня при косом изгибе?
7. Возникает ли деформация косоугольного изгиба, если осевые моменты инерции поперечных сечений относительно главных центральных осей равны между собой  $J_y = J_z$  ?

## **РАЗДЕЛ 3. СЛОЖНЫЕ ДЕФОРМАЦИИ**

### ***Тема 1. Расчет статически неопределимых стержневых систем***

#### ***Лабораторная работа № 1. Расчет статически неопределимых стержневых систем.***

1. Что называют статически определимыми и статически неопределимыми системами?
2. Что называется степенью статической неопределимости системы?
3. Как определяется степень статической неопределимости?
4. Чем принципиально отличаются статически неопределимая балка от статически определимой?
5. Какие методы могут быть использованы для расчета статически неопределимых балок?
6. Как решают простейшие статически неопределимые балки?
7. Какие балки называют статически неопределимыми?
8. В каком случае балка является статически неопределимой?
9. Какие условия равновесия обычно записывают для определения опорных реакций?

#### ***Лабораторная работа № 2. Расчет устойчивости сжатого стержня.***

1. Опишите явление потери устойчивости.
2. Чем опасна потеря устойчивости?
3. Причины потери устойчивости.
4. Что понимается под устойчивым и неустойчивым равновесием?
5. Какая механическая система называется устойчивой и неустойчивой?
6. Приведите примеры устойчивых и неустойчивых объектов.
7. Что означает выражение «сжатый стержень потерял устойчивость»?
8. Какие брусья следует рассчитывать на устойчивость?

9. Какая сила называется критической?

**Лабораторная работа № 3. Расчет стержней с учетом усталостной прочности.**

1. Что называют усталостью материалов? В чем заключается физические причины усталости металлов?

2. Почему многие детали машин имеют ограниченный срок службы (ресурс)?

3. Как по виду излома детали узнать, что ее разрушение произошло от усталости?

4. Объясните термин «доллом»?

5. Какие колебания называют собственными?

6. Какой вид имеет формула динамического коэффициента при вынужденных колебаниях?

7. Что такое условие резонанса?

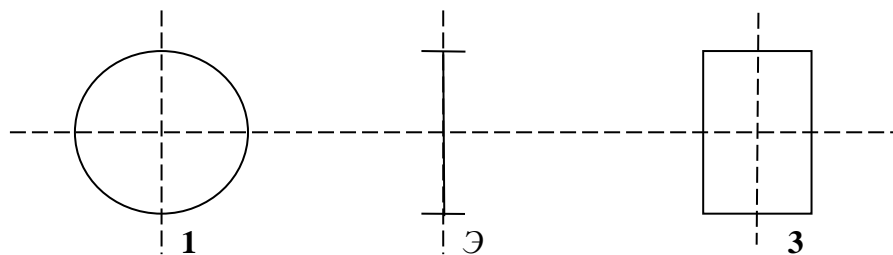
8. Какие возможны решения для снижения динамических напряжений при вынужденных колебаниях?

**3) Пример тестового задания (открытой формы) для текущего контроля знаний обучающихся:**

**Текущее тестирование.** Необходимо для оценки текущей успеваемости и усвояемости изучаемого студентами материала и предполагает проведение трех тестирований. Каждый тест состоит из 10 заданий. Тестирование производится на 5 и 11 неделях учебного семестра. Выдержка из примерного билета тестового задания представлении ниже.

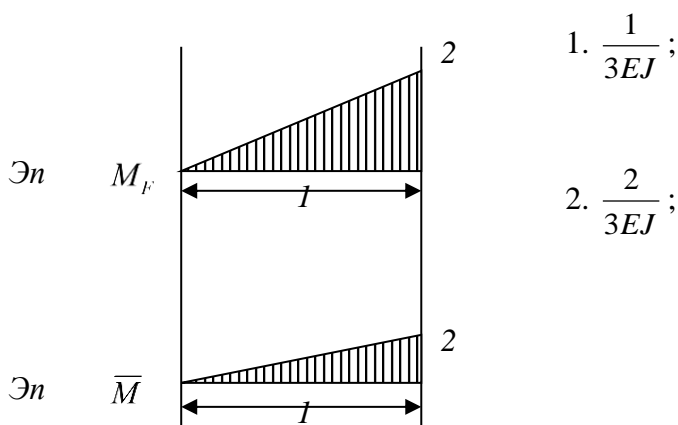
**Пример тестового задания для текущего контроля знаний обучающихся:**

1. Для какого сечения кривой изгиб невозможен?



2. Запишите формулу Мэкв по 3-й теории прочности.

3. Какой ответ при перемножении Эпюр:



$$3. \frac{3}{2EJ}.$$

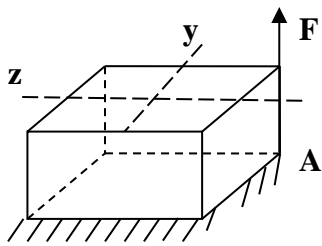
4. Во сколько раз увеличится  $F_{кр}$  по формуле Эйлера, если длина стержня и его диаметр увеличатся вдвое?

1. 2;

2. 4;

3. 16.

5. Укажите правильную формулу нормальных напряжений для точки  $A$ .

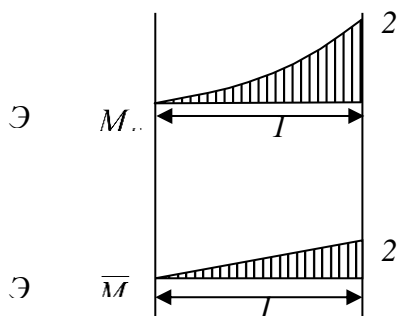


$$1. \sigma_A = \frac{N}{A} - \frac{M_z}{W_z} + \frac{M_y}{W_y};$$

$$2. \sigma_A = \frac{N}{A} + \frac{M_z}{W_z} + \frac{M_y}{W_y};$$

$$3. \sigma_A = \frac{N}{A} + \frac{M_z}{W_z} - \frac{M_y}{W_y}.$$

6. Какой ответ при перемножении эпюр?

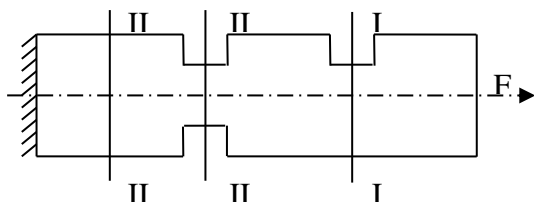


$$1. \frac{1}{2EJ};$$

$$2. \frac{2}{3EJ};$$

$$3. \frac{3}{2EJ}.$$

7. Какое сечение опаснее?



1. I-I;

2. II-II;

3. III-III.

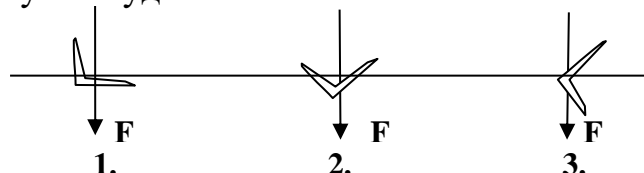
8. В области каких деформаций можно пользоваться формулой практического расчета на продольный изгиб?

1. Упругих.

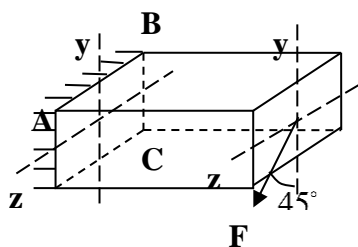
2. Пластических.

3. Упругих и пластических.

9. В каком случае будет кривой изгиб?



10. Укажите опасную точку при косом изгибе.



1. A;
2. B;
3. C.

### 6.1.1 Примерный перечень вопросов

#### 6.1.1.1 Примерный перечень вопросов к зачету

1. Привести основные гипотезы курса сопротивления материалов.
2. Рассказать о методе сечения (привести правило РОЗУ).
3. Записать закон Гука при растяжении – сжатии.
4. Исследовать напряжённое состояние стержня при растяжении – сжатии.
5. Вывести формулы относительного изменения объёма и удельной потенциальной энергии при растяжении – сжатии.
6. Рассказать о коэффициенте поперечной деформации (Пуассона).
7. Написать условие прочности и жесткости при растяжении- сжатии.
8. Выбор допустимых напряжений для различных материалов.
9. Рассказать о диаграмме растяжения материала и основных её точках.
10. Рассказать о диаграмме условных напряжений при растяжении пластичной стали.
11. Вывести формулы  $\sigma_a$  и  $\tau_a$  наклонных сечениях стержня при растяжении – сжатии.
12. Привести основные гипотезы при чистом изгибе.
13. Вывести зависимости между моментом инерции сечения при параллельном переносе осей.
14. Вывести формулу для определения углов наклона главных осей инерции к заданным.
15. Вывести формулу для определения главных моментов инерции сечения.
16. Вывести формулы моментов инерции для прямоугольника, круга, кольца, треугольника.
17. Виды моментов инерции и их свойства.
18. Вывести формулы для определения главных напряжений  $\sigma_{max}$  и  $\sigma_{min}$  при сложном напряжённом состоянии (формулу  $\sigma_a$  принять без вывода).
19. Прочность материала и её характеристики.
20. Вязкость материала и её характеристика.
21. Пластичность материала и её характеристики.

22. Вывести дифференциальную зависимость между  $M$ ,  $Q$  и  $q$  (теорема Журавского).
23. Вывести дифференциальное уравнение изогнутой оси балки.
24. Вывести формулу нормальных напряжений и условие прочности для изгиба.
25. Записать приближенное дифференциальное уравнение изогнутой оси.
26. Рассказать о рациональных формах сечения при изгибе.
27. Рассказать об испытаниях на сжатие пластичной стали, чугуна, дерева.
28. Вывести формулу кривизны оси балки ( $V\rho$ ) при чистом изгибе.
29. Вывести форму касательных напряжений при изгибе (теорема Журавского).
30. Записать выражения моментов сопротивления сечения для прямоугольника, круга, кольца.

### 6.1.1.2 Примерный перечень вопросов к экзамену

1. Вывести формулу Максвелла – Мора для определения перемещений при изгибе.
2. Вывести формулу Верещагина для определения перемещений при изгибе.
3. Вывести формулу для определения углов наклона главных площадок при плоском напряжённом состоянии.
4. Записать формулу Верещагина для определения перемещений при изгибе.
5. Рассказать о IV теории прочности (теории изменения формы элемента).
6. Рассказать о III теории прочности (теории максимальных касательных напряжений).
7. Рассказать о V теории прочности (теории предельных состояний).
8. Рассказать о концентрации и коэффициенте концентрации напряжения.
9. Написать зависимость между упругими постоянными ( $E, G, \mu$ ).
10. Записать формулу обобщённого закона Гука.
11. Написать условие прочности и жесткости при кручении круглых стержней.
12. Вывести формулу касательных напряжений и условие прочности при кручении круглых стержней.
13. Вывести формулу угла закручивания и условие жесткости при кручении круглого стержня.
14. Исследование напряженного и деформированного состояния при чистом сдвиге. Зависимость между тремя упругими постоянными.
15. Вывести формулу нормального напряжения  $\sigma_\alpha$  в наклонной площадке при плоском напряжённом состоянии.
16. Вывести формулу касательного напряжения  $\tau_\alpha$  в наклонной площадке при плоском напряжённом состоянии.
17. Вывести формулы главных деформаций при сложном напряжённом состоянии (обобщённый закон Гука).

18. Вывести расчетное уравнение теории максимальных касательных напряжений (3-я теория прочности).
19. Вывести расчетное уравнение теории энергии формоизменения (4-я теория).
20. Жесткость материала и её характеристики.
21. Вывести расчётное уравнение теории предельных состояний (5-я теория прочности).
22. Продольные и поперечные деформации при растяжении – сжатии. Вывод закона Гука и условия жёсткости.
23. Рассказать об испытаниях на кручение образцов из пластичной стали и чугуна.
24. Определение напряжений и деформаций для винтовых цилиндрических пружин(вывод).
25. Нормальные напряжения при неплоском изгибе. Условие прочности (Вывод)
26. Основные гипотезы (допущения) при ударе.
27. Уравнение нулевой линии при неплоском изгибе его частный случай. Свойства нулевой линии.
28. Коэффициент динамичности при ударе. Частные значения.
29. Нормальные напряжения и положение нулевой линии при совместном действии продольных и поперечных сил (Вывод).
30. Влияние качества поверхности на предел выносливости.
31. Уровень нулевой линии при внецентренном растяжении-сжатии, его исследование.
32. Концентрация напряжений при повторно-переменных нагрузках.
33. Определение перемещений при неплоском изгибе.
34. Влияние размера поперечного сечения на предел выносливости.
35. Понятие о ядре сечения. Ядро сечения для прямоугольника и круга
36. Условия прочности для практических расчетов на продольный изгиб.
37. Изгиб с кручением круглых стержней.
38. Влияние вида деформаций на предел выносливости.
39. Степень статической неопределимости и ее отыскания.
40. Записать условие прочности при продольно-поперечном изгибе.
41. Понятие основной и эквивалентной систем.
42. Коэффициенты запаса циклической прочности.
43. Уравнения перемещений в статически неопределимых системах.
44. Определение критической силы при продольном изгибе (Эйлеру).
45. Определение коэффициентов и свободных членов в канонических уравнениях перемещений.
46. Формула Ясинского для продольного изгиба.
47. Вывод формулы Эйлера для продольного изгиба стержня.
48. Характеристики материала при ударе.
49. Пределы применимости формулы Эйлера. Гибкость стержня и влияние способа закрепления концов.

50. Диаграмма критических напряжений. Практический расчет на продольный изгиб.
51. Записать условие прочности при неплоском изгибе.
52. Расчет на продольно-поперечный изгиб.
53. Записать условие прочности при растяжении (сжатии)
54. Продольный изгиб в упругопластической области. Формула Ясинского и пределы ее применимости.
55. Сложное сопротивление стержней. Методика изучения.
56. Напряжения и деформации при ударе. Вывод формулы коэффициента динамичности.
57. Свойства нулевой линии при нулевом изгибе.
58. Повторно-перемещенные (циклические) нагрузки. Виды циклов и их характеристики.
59. Условие прочности при изгибе с кручением круглых стержней. Выражение эквивалентного момента.
60. Теория усталостного разрушения.
61. Опытное определение предела выносливости.
62. Свойства нулевой линии при внецентренном растяжении.
63. Расчет ресурса при циклических нагрузках (симметричный цикл).
64. Определение системы статической неопределимости систем.
65. Расчет ресурса при циклических нагрузках (несимметричный цикл).
66. Влияние различных факторов на предел выносливости. Коэффициенты запаса усталостной прочности.
67. Вывести зависимости между моментами инерции сечения при повороте осей.

## **6.2 Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания**

Оценка текущей работы и промежуточный контроль студентов осуществляется на основе традиционной системы контроля и оценки успеваемости. Традиционная система контроля и оценки успеваемости студентов представлена критериями выставления оценок по четырехбалльной системе «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

### **Критерии оценки выполнения тестов:**

Текущее тестирование (письменное) производится на 5 и 11 неделях учебного семестра. Каждый тест состоит из 10 вопросов и содержит 30 вариантов. Критерии оценивания:

- правильные ответы на 6 и менее заданий – 2 балла,
- правильные ответы на 6 – 7 заданий – 3 балла,
- правильные ответы на 7 – 8 заданий – 4 балла,
- правильные ответы на 8 – 10 заданий – 5 баллов.

Основаниями для снижения оценки на 1 балл являются: отсутствие обоснования выбранного ответа, неполный ответ; небрежное выполнение, ошибки в обозначениях и т.п.

## Критерии оценки выполнения и защиты практических и лабораторных работ:

К защите практической и лабораторной работы представляется отчет с полностью обработанными результатами измерений, графическим материалом, выводами. Отчет не может быть принят и подлежит доработке в случае: отсутствия необходимых чертежей, обозначений и т.п.; отсутствия необходимого графического материала; некорректной обработки результатов измерений.

Защита отчета по практической и лабораторной работе проходит в форме доклада студента по выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя по традиционной системе оценки системы. В случае получения при защите практической и лабораторной работы неудовлетворительной оценки, работа подлежит повторной защите.

Таблица 8

### Критерии оценивания защиты практических и лабораторных работ

Оценка	Критерии оценивания
Высокий уровень «5»(отлично)	«отлично» – студент излагает содержание вопроса логически верно, аргументировано, умеет делать выводы; правильно формулирует основные законы, знает и применяет основные чертежи и расчетные зависимости по теме практической и лабораторной работы. <b>Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – высокий.</b>
Средний уровень «4»(хорошо)	«хорошо» – студент излагает содержание вопроса логически верно и по существу, умеет делать выводы и приводит примеры из практики, но допускает некоторые неточности и незначительные ошибки или описки, что в целом не вызывает сомнений в освоении темы практической и лабораторной работы. <b>Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – хороший (средний).</b>
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	«удовлетворительно» – студент не в полной мере владеет навыками логично и аргументировано излагать содержание материала, имеет общие знания основного содержания темы работы без освоения некоторых существенных положений, допускает неточности, однако умеет применять знания и умения по теме работы. <b>Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – достаточный.</b>
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	«неудовлетворительно» – студент не освоил значительную часть содержания материала практической и лабораторной работы; допускает существенные ошибки в изложении материала; не умеет выделить главное и сделать выводы

### 6.3 Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

Для допуска к зачету и экзамену по дисциплине «Сопротивление материалов» необходимо выполнить учебный план по дисциплине, включающий



в себя посещение лекций, практических и лабораторных работ, выполнение и защиту задач, написание рефератов по пропущенным темам.

Для оценки знаний, умений, навыков и формирования компетенции по дисциплине «Сопротивление материалов» применяется традиционная система контроля и оценки успеваемости студентов.

Критерии оценки знаний устанавливаются в соответствии с требованиями к профессиональной подготовке, исходя из действующих учебных планов и программ с учетом характера конкретной дисциплины, а также будущей практической деятельности выпускника. Знания оцениваются по четырехбалльной шкале: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Таблица 9

### Критерии оценивания результатов обучения

Оценка	Критерии оценивания
Высокий уровень «5» (отлично)	оценку «отлично» заслуживает студент, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы. <b>Компетенции</b> , закреплённые за дисциплиной, <b>сформированы на уровне – высокий.</b>
Средний уровень «4» (хорошо)	оценку «хорошо» заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не оценены максимальным числом баллов, в основном сформировал практические навыки. <b>Компетенции</b> , закреплённые за дисциплиной, <b>сформированы на уровне – хороший (средний).</b>
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	оценку «удовлетворительно» заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, многие учебные задания либо не выполнил, либо они оценены числом баллов близким к минимальному, некоторые практические навыки не сформированы. <b>Компетенции</b> , закреплённые за дисциплиной, <b>сформированы на уровне – достаточный.</b>
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	оценку «неудовлетворительно» заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы. <b>Компетенции</b> , закреплённые за дисциплиной, не сформированы.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 7.1 Основная литература

1. Степин, П. А. Сопротивление материалов : учебник / П. А. Степин. — 13-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 320 с. — ISBN 978-5-8114-1038-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/168383>
2. Кузьмин, Л. Ю. Сопротивление материалов : учебное пособие / Л. Ю. Кузьмин, В. Н. Сергиенко, В. К. Ломунов. — 2-е изд., испр. и доп. —

Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 228 с. — ISBN 978-5-8114-2056-8. —  
Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL:  
<https://e.lanbook.com/book/168995>

## 7.2 Дополнительная литература

1. Атапин, В. Г. Сопротивление материалов. Сборник заданий с примерами их решений : учебное пособие для вузов / В. Г. Атапин. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 151 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-04129-3. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/492089>
2. Кривошапко, С. Н. Сопротивление материалов : учебник и практикум для вузов / С. Н. Кривошапко. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 397 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-00491-5. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/488846>
3. Сопротивление материалов : учебник / Б. Е. Мельников, Л. К. Паршин, А. С. Семенов, В. А. Шерстнев. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 576 с. — ISBN 978-5-8114-4740-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/131018>

## 7.3 Интернет-ресурсы

1. <http://MY.Sopromat.ru>
2. <http://sm.yard.ru>
3. <http://sopromat.h12.ru>
4. <http://Krugosvet.ru/articles/14/1001435/100143501.htm>
5. <http://lib.mexmat.ru/books/9283>
6. <http://lib.vinet.ru/?id=147288page1>
7. <http://elib.ispu.ru/library/lessons/shapin2>

## 7.4 Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

Формами организации учебного процесса по дисциплине «Сопротивление материалов» являются лекции, практические и лабораторные занятия, консультации, самостоятельная работа студентов. Лекции проводятся на потоке, практические и лабораторные занятия в подгруппах. На лекциях излагается теоретический материал, практические и лабораторные занятия проводятся для закрепления теоретических знаний.

## 8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

1. Программы: Microsoft Office (Word, Excel, Power Point), AutoCAD. Интернет, электронные ресурсы технических библиотек.

2. Информационные центры России.
3. Всероссийский институт научной и технической информации РАН (ВИНИТИ РАН) (интернет-ресурс).
4. Всероссийский научно-технический информационный центр (ВНТИ-Центр) (интернет-ресурс).
5. Защита интеллектуальной собственности (РОСПАТЕНТ) (интернет-ресурс).

## 9. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Таблица 9

### Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование раздела учебной дисциплины	Наименование программы	Тип программы	Автор	Год разработки
1.	Расчётно-графическая работа	Word Power Point Excel AutoCAD	Оформительская Презентация Расчетная Расчетная	Microsoft Autodesk	2010 2009

## 10. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Таблица 10

### Сведения об обеспеченности специализированными аудиториями, кабинетами, лабораториями

Наименование специальных* помещений и помещений для самостоятельной работы (№ учебного корпуса, № аудитории)	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы**
1	2
23 учебный корпус, Лиственничная аллея д.7. Аудитория №18а	1.Мультимедийное оборудование: экран Projecta SlimScreen Инв.№ 410134000001629 2.Проектор AserX 1260 Инв. №210134000001837 3.Ноутбук Asus Инв.№ 210134000001836) 4.Редуктор Ц2У100 Инв. № 210134000002735 (Инв. № 210134000002079, № 210134000002080, № 210134000002083, № 210134000002084, № 210134000002085, № 210134000002086, № 210134000002087, № 210134000002091, №210134000002737, № 210134000002736)
23 учебный корпус, Лиственничная аллея д.7. Аудитория №18а	1.Разрывная машина ИМ Инв.№ 410134000001819 2.Гидроунивер.маш. ИМЧ-30 Инв. №210134000001465.

	3. Маш универс. УИМ-50 Инв. №210134000001763
23 учебный корпус, Лиственничная аллея д.7. Аудитория №17	Мультимедийное оборудование: 1. Проектор Aser P7202 Инв. №410134000001628 2. Ноутбук Asus Инв. №210134000001836 3. Штабелер гидравлический 1 т Инв. № 210134000002593, 4. Вариатор ВЦ-1-1-Ю1 Инв. № 210134000002738, 5. Машина МУУ-600 Инв. № 210134000001764 6. Порошковый электромагнитный нагрузочный тормоз ПТ-2,5 М 1 Инв. №210134000002074

## 11. Методические рекомендации студентам по освоению дисциплины

Учебный курс «Сопротивление материалов» является основополагающим для студентов, обучающихся по направлению 35.03.06 «Агроинженерия», направленность «Технические системы в агробизнесе». В этом курсе студент получает знания о современных научно-инженерных решениях, используемых при расчете электромагнитных переходных процессов. Полученные знания необходимы студенту для успешной работы на производстве по выбранному направлению.

Методические рекомендации для успешного освоения студентом дисциплины «Сопротивление материалов» сводятся к следующему:

1. Активно изучать теоретический материал, излагаемый на лекциях. Самостоятельно производить расчеты при обработке экспериментальных данных и осуществлять их графическую интерпретацию с использованием интерактивных программных сред.

2. На практических и лабораторных занятиях выполнять задания, анализировать полученные результаты. Защищать практическую и лабораторную работу в день её выполнения или ближайшее время.

3. Посещать тематические выставки, участвовать в семинарах по вопросам современных научно-инженерных решений в отрасли АПК и др.

*Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студента*

Самостоятельная работа студентов организуется в соответствии с настоящей рабочей программой. Студент обязан в полном объеме использовать предусмотренное время для изучения вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение.

Во время самостоятельной работы студент прорабатывает материал обязательной и дополнительной учебной литературы. В случае возникновения затруднений в освоении материала студент обращается к преподавателю за разъяснением согласно времени, отведенному для индивидуальных консультаций.

*Подготовка к контрольным мероприятиям*

Текущий контроль проводится на каждом аудиторном занятии. Формы и

методы текущего контроля: устное выборочное собеседование, проверка и оценка выполнения практических заданий, подготовка презентаций по заданиям для выполнения в группах и др.

#### *Виды и формы обработки пропущенных занятий*

Задолженности по текущему и промежуточному контролю можно сдавать в период, установленный правилами вуза и соответствующими распоряжениями компетентных лиц:

*По посещению* – путем самостоятельного изучения темы и выполнения письменных заданий либо устного опроса, по пропущенным темам.

Студент, пропустивший занятия обязан получить от преподавателя индивидуальное задание, предусмотренное учебным планом, выполнить и защитить его. Прием и защита индивидуальных заданий проводятся в часы и дни, установленные преподавателем.

Если студент не прошел текущий контроль, он продолжает учиться и имеет право проходить следующий текущий контроль по этой дисциплине. Графики пересдач составляются на кафедре. В конце семестра на основании поэтапного контроля обучения принимается решение о допуске студента к промежуточной аттестации или освобождении от нее.

К промежуточной аттестации допускаются студенты, сдавшие все задания, предусмотренные программой. Если студент имеет задолженности по текущему контролю, то до промежуточной аттестации студент не допускается и считается задолжником по этой дисциплине.

## **12. Методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине**

Формы организации учебного процесса по дисциплине «Сопротивление материалов» являются лекции, практические и лабораторные занятия, консультации, самостоятельная работа студентов.

Преподавание инженерной дисциплины «Сопротивление материалов» требует особых методических подходов вследствие специфики общей подготовки студентов.

Лекции являются одним из важнейших видов учебных занятий. Они должны дать систематизированные основы научных знаний по дисциплине, концентрировать внимание студентов на наиболее сложных и узловых вопросах.

Объем читаемых лекций определяется графиком изучения дисциплины. Каждая лекция должна делиться на три части: введение, основная часть (учебные вопросы) и заключение.

Лекции должны иметь логическую связь с ранее изученным материалом и быть ориентированы на последующее применение излагаемого материала.

Для этой цели во введении к лекции преподаватель формулирует тему, учебные вопросы, отражающие содержание лекции и четко определяет цель данной лекции. Начиная изложение рассматриваемого материала, преподаватель устанавливает логическую связь данной лекции с предыдущим материалом и изучаемыми ранее дисциплинами. Введение должно занимать не более 10 минут,

но должно полностью подготовить студента к восприятию излагаемого далее основного содержания.

Поскольку объем лекций ограничен, то планируемый в лекциях материал должен отражать только основное содержание изучаемого вопроса, сочетаясь с примерами и, при необходимости, иллюстрируется плакатами и другими техническими средствами обучения. При этом не следует, по возможности, включать в лекцию громоздкие выводы, пояснения и тому подобный материал, однако в таких случаях необходимо обязательно указывать разделы рекомендуемой литературы, где можно получить убедительные ответы на возникшие вопросы. Кроме этого, в лекции обращается внимание студентов на те вопросы изучаемого материала, которые он должен изучить самостоятельно по указанной в методических указаниях по данной дисциплине литературе.

В заключительной части лекций преподаватель должен подвести итог и сформулировать общие выводы, вытекающие из содержания основной части лекции, и еще раз обратить внимание на тот объем материала, который подлежит самостоятельному изучению.

Самостоятельная работа студентов включает проработку лекционного материала, подготовку к практическим и лабораторным работам, выполнение задач, изучение дополнительной литературы, подготовку к сообщению на практических и лабораторных занятиях и конференциях.

Изучение курса сопровождается постоянным контролем самостоятельной работы студентов, разбором и обсуждением выполненных домашних заданий, с последующей корректировкой принятых ошибочных решений. Контроль выполнения индивидуальных домашних заданий осуществляет ведущий дисциплину преподаватель.

Преподавание дисциплины основано на максимальном использовании активных форм обучения и самостоятельной работы студентов. Под руководством преподавателя студенты должны самостоятельно осуществлять поиск необходимой информации и принимать обоснованные решения по конкретным ситуациям.

**Разработчик:**

Гамидов А.Г., к.т.н., доцент

\_\_\_\_\_ (подпись)

## РЕЦЕНЗИЯ

на рабочую программу дисциплины Б1.О.25.03 «Сопrotивление материалов» ОПОП ВО по направлению 35.03.06 «Агроинженерия», направленность «Технические системы в агробизнесе» (квалификация выпускника — бакалавр)

Пыдриным А. В., доцентом кафедры «Материаловедение и технология машиностроения» ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», кандидатом технических наук, (далее по тексту рецензент), проведена рецензия рабочей программы дисциплины «Сопrotивление материалов» ОПОП ВО по направлению 35.03.06 Агроинженерия, направленность «Технические системы в агробизнесе», разработанной в ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», на кафедре «Сопrotивление материалов и детали машин» (разработчик – Гамидов Абдурахман Гаджиевич, доцент кафедры «Сопrotивление материалов и детали машин», кандидат технических наук).

Рассмотрев представленные на рецензию материалы, рецензент пришел к следующим выводам:

1. Предъявленная рабочая программа дисциплины «Сопrotивление материалов» (далее по тексту Программа) соответствует требованиям ФГОС по направлению 35.03.06 «Агроинженерия», направленность «Технические системы в агробизнесе». Программа содержит все основные разделы, соответствует требованиям к нормативно-методическим документам.

2. Представленная в Программе актуальность учебной дисциплины в рамках реализации ОПОП ВО не подлежит сомнению – дисциплина относится к обязательной части учебного цикла – Б1.О.

3. Представленные в Программе цели дисциплины соответствуют требованиям ФГОС направления 35.03.06 Агроинженерия.

4. В соответствии с Программой за дисциплиной «Сопrotивление материалов» закреплено две компетенции, реализуемые через 7 индикаторов. Дисциплина «Сопrotивление материалов» и представленная Программа способна реализовать их в объявленных требованиях.

5. Результаты обучения, представленные в Программе в категориях знать, уметь, владеть соответствуют специфике и содержанию дисциплины и демонстрируют возможность получения заявленных результатов.

6. Общая трудоёмкость дисциплины «Сопrotивление материалов» составляет 5 зачетных единиц (180 часов).

7. Информация о взаимосвязи изучаемых дисциплин и вопросам исключения дублирования в содержании дисциплин соответствует действительности. Дисциплина «Сопrotивление материалов» взаимосвязана с другими дисциплинами ОПОП ВО и Учебного плана по направлению 35.03.06 «Агроинженерия» и возможность дублирования в содержании отсутствует. Поскольку дисциплина не предусматривает наличие специальных требований к входным знаниям-умениям и компетенциям студента, хотя может являться предшествующей для специальных, в том числе профессиональных дисциплин, использующих знания в области начертательной геометрии и инженерной графики в профессиональной деятельности бакалавра по данному направлению подготовки.

8. Представленная Программа предполагает использование современных образовательных технологий, используемые при реализации различных видов учебной работы. Формы образовательных технологий соответствуют специфике дисциплины.

9. Программа дисциплины «Сопrotивление материалов» предполагает применение занятий в интерактивной форме.

10. Виды, содержание и трудоёмкость самостоятельной работы студентов, представленные в Программе, соответствуют требованиям к подготовке выпускников.

11. Представленные и описанные в Программе формы текущей оценки знаний

(выполнение и защита практических и лабораторных работ, участие в тестирование, выполнение аудиторных заданий – работа с технической литературой, соответствует специфике дисциплины и требованиям к выпускникам).

Форма промежуточного контроля знаний студентов, предусмотренная Программой, осуществляется в форме зачета и экзамена, что соответствует статусу дисциплины, как дисциплины обязательной части учебного цикла – Б1.О ФГОС направления 35.03.06 «Агроинженерия».

12. Формы оценки знаний, представленные в Программе, соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

13. Учебно-методическое обеспечение дисциплины представлено: основной литературой – 2 источника (базовый учебник), дополнительной литературой – 3 наименований соответствует требованиям ФГОС направления 35.03.06 «Агроинженерия».

14. Материально-техническое обеспечение дисциплины соответствует специфике дисциплины «Соппротивление материалов» и обеспечивает использование современных образовательных, в том числе интерактивных методов обучения.

15. Методические рекомендации студентам и методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине дают представление о специфике обучения по дисциплине «Соппротивление материалов».

### **ОБЩИЕ ВЫВОДЫ**

На основании проведенной рецензии можно сделать заключение, что характер, структура и содержание рабочей программы дисциплины «Соппротивление материалов» ОПОП ВО по направлению 35.03.06 «Агроинженерия», направленность «Технические системы в агробизнесе» (квалификация выпускника – бакалавр), разработанная Гамидовым Абдурахманом Гаджиевичем, к.т.н., доцентом кафедры «Соппротивление материалов и детали машин» соответствует требованиям ФГОС ВО, современным требованиям экономики, рынка труда и позволит при её реализации успешно обеспечить формирование заявленных компетенций.

Рецензент: Пыдрин А.В., к.т.н., доцент кафедры «Материаловедение и технология машиностроения» \_\_\_\_\_

«05» октября 2021 г.