

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ПОВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ



УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИММ

УТВЕРЖДАЮ /Н.П. Сютлов/  
(Ф.И.О. декана (директора института))

11.03.2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Б.1.1.21 Сопротивление материалов

(код и наименование дисциплины по учебному плану)

Направление подготовки  
(специальность)

15.03.02 Технологические машины и оборудование

Квалификация выпускника

Бакалавр

(бакалавр/магистр/специалист)

Направленность

Оборудование нефтегазопереработки

Курс 2  
Семестр 4

**Распределение учебного времени**

|   |         |                       |
|---|---------|-----------------------|
| Трудоемкость по учебному плану                      | 180 / 5 | часов/зачетных единиц |
| Лекции  | 18      | часов                 |
| Лабораторные работы                                 | 36      | часов                 |
| Практические занятия                                | -       | часов                 |
| Иная контактная работа                              | -       | часов                 |
| Всего контактной работы (без учета экз.)            | 54      | часов                 |
| Контактная работа по экзамену                       | 6       | часов                 |
| Курсовой проект (работа)                            | -       | семестр               |
| Самостоятельная работа обучающихся (без учета экз.) | 90      | часов                 |
| Самостоятельная работа по подготовке к экзамену     | 30      | часов                 |
| Экзамен   | 4       | семестр               |
| Зачет   | -       | семестр               |
| БРК, ДЗ   | -       | семестр               |

(год)

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО направления подготовки (специальности) 15.03.02 Технологические машины и оборудование

Программу составили:

|  |           |             |                |
|--|-----------|-------------|----------------|
| доцент с ученой степенью<br>кандидата наук | СМиПМ     | СОГЛАСОВАНО | С.В. Шлычков   |
| (должность)                                | (кафедра) |             | (И.О. Фамилия) |

РАССМОТРЕНА и ОДОБРЕНА на заседании кафедры, за которой закреплена дисциплина  
Кафедра сопротивления материалов и прикладной механики

|                     |             |                        |  |
|---------------------|-------------|------------------------|--|
|                     |             | (наименование кафедры) |  |
| 05.02.2024          | протокол №  | 4                      |  |
| (дата)              |             |                        |  |
| Заведующий кафедрой | СОГЛАСОВАНО | С.П. Иванов            |  |
|                     |             | (И.О. Фамилия)         |  |

Рабочая программа СОГЛАСОВАНА с факультетом (институтом), выпускающей(ими)  
кафедрой(ами).  
СООТВЕТСТВУЕТ действующей ОП.

|                     |             |                |
|---------------------|-------------|----------------|
| Заведующий кафедрой | СОГЛАСОВАНО | А.И. Павлов    |
|                     |             | (И.О. Фамилия) |

Председатель методической комиссии факультета (института), в который входит  
выпускающая кафедра

|             |                |
|-------------|----------------|
| СОГЛАСОВАНО | А.А. Медяков   |
|             | (И.О. Фамилия) |

Эксперт(ы): Макаров Д.Е., ведущий инженер-конструктор АО «Марийский  
машиностроительный завод»

Рабочая программа проверена и зарегистрирована в УМЦ 12.03.2024 г.

Специалист учебно-методического центра СОГЛАСОВАНО /Т.А. Смирнова/

## Раздел 1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является достижение планируемых результатов обучения, соответствующих установленным в ОПОП индикаторам достижения компетенций:

| Код и наименование компетенции   | Код и наименование индикатора достижения компетенции  | Результаты обучения  |
|--|---|--|
| 1. ОПК-1<br>Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности | ОПК-1.1 Знать: математические, естественнонаучные и технические методы для использования в профессиональной деятельности, а также характеристики основных видов исходных заготовок и методов их получения         | <b>знания:</b> Знает математические, естественнонаучные и технические методы для использования в профессиональной деятельности, а также характеристики основных видов исходных заготовок и методов их получения<br><b>умения:</b><br><b>навыки:</b>  |
|  | ОПК-1.2 Владеть: методами математического анализа и моделирования   | <b>знания:</b><br><b>умения:</b><br><b>навыки:</b> Владеет методами математического анализа и моделирования  |
|  | ОПК-1.3 Уметь: решать нестандартные профессиональные задачи, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте, с применением математических, естественнонаучных и профессиональных знаний | <b>знания:</b><br><b>умения:</b> Умеет решать нестандартные профессиональные задачи, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте, с применением математических, естественнонаучных и профессиональных знаний<br><b>навыки:</b>  |
| 2. ОПК-12<br>Способен обеспечивать повышение надежности технологических машин и оборудования на стадиях проектирования, изготовления и эксплуатации        | ОПК-12.1 Выпускник на стадиях проектирования деталей, узлов и оборудования может обеспечить повышение их надежности   | <b>знания:</b> Знает теоретические основы курса и основные методы расчета на прочность, жесткость и устойчивость деталей, узлов и оборудования при различных внешних воздействиях.<br><b>умения:</b> Умеет составлять расчетную схему исследуемого объекта, решать типовые задачи расчета на прочность, жесткость и устойчивость деталей, узлов и оборудования при различных внешних воздействиях.<br><b>навыки:</b> Владеет навыками практического расчета на прочность, жесткость и устойчивость деталей, узлов и оборудования при различных внешних воздействиях. |

|  |  |   |
|--|--|---|
| 3. ОПК-13<br>Способен применять стандартные методы расчета при проектировании и деталей и узлов технологических машин и оборудования | ОПК-13.1 Способен применять стандартные методы расчета при проектировании деталей и узлов технологических машин и оборудования | <p><b>знания:</b> Знает теоретические основы курса и основные методы расчета на прочность, жесткость и устойчивость деталей, узлов и оборудования при различных внешних</p> <p><b>умения:</b> Умеет составлять расчетную схему исследуемого объекта, решать типовые задачи расчета на прочность, жесткость и устойчивость деталей, узлов и оборудования при различных внешних воздействиях.</p> <p><b>навыки:</b> Владеет навыками практического расчета на прочность, жесткость и устойчивость деталей, узлов и оборудования при различных внешних воздействиях.</p> |
|--|--|---|

## Раздел 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина относится к обязательной части ОПОП.

Дисциплина является обязательной

Для продолжения формирования заявленных компетенций необходимы знания предшествующих дисциплин: Основы проектирования (ОПК-1), Электротехника и электроника (ОПК-1), Химия и технология нефти и газа (ОПК-1), Технология конструкционных материалов и материаловедение (ОПК-12), Электротехника и электроника (ОПК-13), Система автоматизированного проектирования оборудования нефтегазопереработки (ОПК-13)

Изучаемая дисциплина является основой для продолжения формирования указанных компетенций в следующих дисциплинах: Детали машин (ОПК-13); практиках: Преддипломная практика (ОПК-1), Производственная практика. Технологическая (проектно-технологическая) практика (ОПК-1), Производственная практика. Технологическая (проектно-технологическая) практика (ОПК-12); государственной итоговой аттестации в форме: Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена (ОПК-12), Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы (ОПК-

## Раздел 3. ОПИСАНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Для формирования заявленных компетенций используются методологические технологии, реализующие деятельностный, личностно-ориентированный, практико-ориентированный подходы.

Основными стратегическими технологиями являются: исследовательские, лекционные занятия, процедуры самообучения, практические и лабораторные занятия

На достижение конкретных целей обучения направлены применяемые тактические технологии: задания, информационные, классическая лекция, проблемная лекция

## Раздел 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4 семестр

| Виды и темы занятий                                 | Количество часов | Формируемые компетенции |
|---|------------------|-------------------------|
| <b>Основные понятия и исходные положения курса.</b> | <b>16</b>        | ОПК-1, ОПК-13           |
| Лекция. Основные понятия курса «Соппротивление      | 2                |                         |

|  |           |                       |
|--|-----------|-----------------------|
| материалов»: прочность, жёсткость, устойчивость. Реальный объект и расчетная схема. Схематизация по форме изучаемых объектов. Основные гипотезы о свойствах материала. Схематизация внешних нагрузок. Метод сечений. Внутренние силовые факторы. Понятие о напряжении. Напряжение полное, нормальное и касательное. Напряженное состояние в точке. Связь внутренних силовых факторов с напряжениями. Перемещения и деформации (линейные, угловые). Принципы курса «Сопротивление материалов».    |           |                       |
| Лабораторная работа. Метод сечений. Эпюры внутренних силовых факторов. Построение эпюр продольных сил, эпюр крутящих моментов.   | 2         |                       |
| Лабораторная работа. Построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов для балок. Примеры.  | 2         |                       |
| Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение КР, РГР<br>1. Изучение лекционного материала.<br>2. Выполнение расчетно-графической работы № 1 «Эпюры внутренних силовых факторов».   | 10        |                       |
| <b>Растяжение и сжатие.</b>  | <b>18</b> | ОПК-1, ОПК-12, ОПК-13 |
| Лекция. Механические испытания материалов на растяжение и сжатие. Диаграммы растяжения пластичных и хрупких материалов. Условная и истинная диаграммы напряжений. Механические характеристики материалов. Потенциальная энергия деформации при растяжении-сжатии. Работа, затраченная на разрыв образца. Диаграммы сжатия различных материалов. Методы расчета строительных конструкций: метод допускаемых напряжений, метод разрушающих нагрузок, метод предельных состояний. Оценка жесткости. | 2         |                       |
| Лабораторная работа. Механические испытания материалов на растяжение и сжатие. Лабораторные работы: «Испытание образца из стали на растяжение», «Испытание на сжатие образцов из различных материалов».  | 2         |                       |
| Лабораторная работа. Лабораторная работа: «Определение модуля упругости и коэффициента Пуассона». Решение задач по теме «Построение эпюр нормальных напряжений при растяжении (сжатии). Определение перемещений при растяжении (сжатии)».  | 2         |                       |
| Лабораторная работа. Расчеты на прочность и жесткость при растяжении и сжатии (типы задач). Решение задач.   | 2         |                       |
| Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение КР, РГР<br>1. Изучение лекционного материала.<br>2. Подготовка к защите выполненных лабораторных работ.<br>3. Изучение и конспектирование по теме «Влияние различных факторов на механические характеристики материалов»<br>4. Выполнение расчетно-графической работы № 2 «Расчёты на прочность и жесткость при растяжении-сжатии прямого стержня».   | 10        |                       |

|  |           |                       |
|--|-----------|-----------------------|
| <b>Сдвиг и кручение.</b>   | <b>16</b> | ОПК-1, ОПК-12, ОПК-13 |
| Лекция. Чистый сдвиг. Закон парности касательных напряжений. Анализ напряженного состояния при чистом сдвиге. Закон Гука при сдвиге. Модуль сдвига. Связь между $\sigma$ и $\tau$ . Кручение стержня круглого поперечного сечения. Гипотезы. Вывод формулы для определения касательного напряжения. Полярный мо-мент инерции $I_p$ и полярный момент сопротивления круга и кольца. Определение взаимного угла поворота сечений. Относительный угол закручивания. Анализ напряженного состояния при кручении стержня круглого поперечного сечения. Потенциальная энергия деформации при кручении. Расчеты валов на прочность и жесткость при кручении (типы задач). | 2         |                       |
| Лабораторная работа. Лабораторная работа: «Определение модуля сдвига стали путем испытания образца на кручение». Решение задач по теме «Построение эпюр крутящих моментов и эпюр углов закручивания».  | 2         |                       |
| Лабораторная работа. Решение задач по темам «Расчеты на прочность при кручении», «Расчеты на жесткость при кручении».  | 2         |                       |
| Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение КР, РГР<br>1. Изучение лекционного материала.<br>2. Выполнение расчетно-графической работы № 3 «Расчёты на прочность и жесткость при кручении прямого стержня».<br>3. Решение домашних задач.<br>4. Подготовка к защите выполненных лабораторных работ.   | 10        | ОПК-1                 |
| <b>Геометрические характеристики поперечных сечений стержня.</b>   | <b>14</b> |                       |
| Лекция. Статические моменты площади. Осевые и центробежные моменты инерции. Изменение моментов инерции при параллельном переносе осей координат. Изменение моментов инерции при повороте осей координат. Главные оси и главные моменты инерции.  | 2         |                       |
| Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение КР, РГР<br>1. Изучение лекционного материала.<br>2. Самостоятельное изучение и конспектирование по теме «Осевые моменты инерции простейших фигур (прямоугольник, треугольник, круг)».<br>3. Решение домашних задач.<br>4. Выполнение контрольной работы.  | 12        |                       |
| <b>Плоский изгиб.</b>  | <b>26</b> | ОПК-1, ОПК-12, ОПК-13 |
| Лекция. Чистый изгиб. Основные гипотезы. Вывод формулы для определения нормального напряжения при чистом изгибе. Зависимость изменения кривизны оси балки от изгибающего момента. Потенциальная энергия деформации при чистом изгибе. Касательные напряжения при плоском поперечном изгибе   | 2         |                       |

|   |           |                       |
|---|-----------|-----------------------|
| <p>стержней со сплошным поперечным сечением. Формула Журавского. Касательные напряжения при плоском поперечном изгибе балки прямоугольного, круглого поперечного сечения.</p>   |           |                       |
| <p>Лабораторная работа. Дифференциальные зависимости между внутренними силовыми факторами и интенсивностью внешней распределенной нагрузки при плоском поперечном изгибе. Решение задач по теме «Эпюры внутренних силовых факторов при плоском изгибе».</p>   | 2         |                       |
| <p>Лабораторная работа. Условия прочности при плоском поперечном изгибе. Расчеты на прочность при плоском изгибе (типы задач). Решения задач по темам «Напряжения в поперечном сечении балки», «Расчеты на прочность при плоском изгибе».</p>   | 4         |                       |
| <p>Лекция. Линейные и угловые перемещения при плоском поперечном изгибе балки. Дифференциальное уравнение упругой линии балки, интегрирование дифференциального уравнения. Примеры. Расчеты на жесткость при плоском поперечном изгибе.</p> <p>Обобщенная сила и обобщенное перемещение. Работа внешних сил. Теорема о взаимности работ. Теорема о взаимности перемещений. Потенциальная энергия деформации стержня в общем случае его нагружения. Теорема Кастильяно. Интегралы Максвелла-Мора.</p>  | 2         |                       |
| <p>Лабораторная работа. Лабораторная работа: «Определение упругих перемещений при плоском изгибе балки».</p>  | 2         |                       |
| <p>Лабораторная работа. Определение упругих перемещений с помощью интегралов Мора. Вычисление интегралов Мора по правилу Верещагина. Примеры решения задач.</p>   | 2         |                       |
| <p>Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение КР, РГР</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Изучение лекционного материала.</li> <li>2. Самостоятельное изучение и конспектирование по темам «Рациональные формы поперечных сечений балок: двутавр, швеллер и др. Балка равного сопротивления изгибу. Расчет витых цилиндрических пружин».</li> <li>3. Подготовка к защите выполненных лабораторных работ.</li> <li>4. Выполнение расчетно-графической работы № 4 «Расчёты на прочность и жесткость при плоском изгибе».</li> <li>3. Выполнение контрольной работы по разделу.</li> </ol> | 12        |                       |
| <p><b>Сложное сопротивление.</b></p>  | <b>18</b> | ОПК-1, ОПК-12, ОПК-13 |
| <p>Лекция. Комбинированное нагружение стержня. Косой изгиб. Эпюры внутренних силовых факторов. Определение нормальных напряжений и положения нейтральной линии в поперечном сечении стержня.</p>  | 2         |                       |
| <p>Лабораторная работа. Расчеты на прочность при косом изгибе. Примеры решения задач.</p>   | 2         |                       |
| <p>Лабораторная работа. Внецентренное растяжение-сжатие. Определение нормальных напряжений и положения нейтральной линии в поперечном сечении. Опасные точки в сечении. Ядро сечения. Расчеты на прочность при</p>  | 2         |                       |
|   |           |                       |

|   |           |                       |
|---|-----------|-----------------------|
| внецентренном растяжении-сжатии.  |           |                       |
| Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение КР, РГР<br>1. Изучение лекционного материала.<br>2. Выполнение расчетно-графической работы № 5 «Расчёты на прочность при комбинированном нагружении стержня».<br>3. Примеры решения задач по теме «Внецентренное растяжение-сжатие».   | 12        |                       |
| <b>Основы теории напряженного и деформированного состояния.</b>   | <b>20</b> | ОПК-1, ОПК-12, ОПК-13 |
| Лекция. Теория напряжений. Напряжённое состояние в точке. Тензор напряжения. Главные площадки и главные напряжения. Инварианты напряженного состояния. Классификация напряженных состояний.<br>Деформированное состояние в точке. Тензор деформаций. Главные оси и главные деформации. Относительное изменение объема. Обобщённый закон Гука для изотропного тела. Удельная потенциальная энергия деформации: энергия изменения объема и энергия изменения формы.<br>Прочность при сложном напряженном состоянии. Теории (критерии) прочности (наибольших нормальных напряжений, наибольших линейных деформаций, наибольших касательных напряжений, удельной потенциальной энергии изменения формы). Теория прочности Мора. | 2         |                       |
| Лабораторная работа. Решение задач по темам «Напряжённое состояние в точке, главные площадки и главные напряжения», «Виды напряженного состояния», «Деформированное состояние в точке».   | 2         |                       |
| Лабораторная работа. Изгиб с кручением стержня круглого поперечного сечения. Эпюры внутренних силовых факторов. Опасное сечение, определение напряжений, опасные точки. Расчёты на прочность. Примеры решения задач.  | 2         |                       |
| Лабораторная работа. Решение задач по темам «Оценка прочности материала при сложном напряженном состоянии, теории прочности», «Изгиб с кручением стержня круглого поперечного сечения, расчёты на прочность».   | 2         |                       |
| Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение КР, РГР<br>1. Изучение лекционного материала.<br>2. Выполнение расчетно-графической работы № 5 «Расчёты на прочность при комбинированном нагружении стержня».<br>3. Решение домашних задач.  | 12        |                       |
| <b>Устойчивость. Динамическое действие нагрузок.</b>  | <b>16</b> | ОПК-1                 |
| Лекция. Устойчивость упругих систем. Понятие потери устойчивости. Критическая сила. Устойчивость центрально сжатых стержней. Задача Эйлера. Зависимость критической силы от условий закрепления концов стержня. Критическое напряжение. Пределы применимости формулы Эйлера. Потеря устойчивости стержня при напряжениях, превышающих предел пропорциональности. Формула Тетмайера-Ясинского.<br>Динамическое нагружение. Основные виды динамических нагрузок, действующих на конструкции.  | 2         |                       |



|   |    |  |
|---|----|--|
| Действие ударной нагрузки. Энергетический метод расчета. Динамический коэффициент. Определение упругих перемещений и напряжений. Зависимость механических свойств материала от скорости приложения нагрузки. Испытания на удар. Ударная вязкость.   |    |  |
| Лабораторная работа. Расчет сжатых стержней на устойчивость. Расчёт упругих систем на действие ударной нагрузки.  | 2  |  |
| Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение КР, РГР<br>1. Изучение лекционного материала.<br>2. Самостоятельное изучение и конспектирование по темам «Рациональные формы поперечных сечений сжатых стержней», «Устойчивость колец и труб», «Устойчивость плоской формы изгиба», «Прочность материалов при циклически меняющихся напряжениях. Понятие об усталостном разрушении материала и его причины. Характеристики циклов напряжений. Диаграмма предельных амплитуд. Концентрация напряжений. Коэффициент запаса при циклическом нагружении» | 12 |  |
| Иная контактная работа:   | 0  |  |
| Подготовка к экзамену   | 30 |  |
| Проведение экзамена   | 6  |  |

## Раздел 5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины Сопротивление материалов рекомендуется начать с ознакомления с рабочей программой, ее структурой и содержанием разделов. Учебный материал структурирован, изучение дисциплины осуществляется в тематической последовательности.

**Занятия лекционного типа** дают систематизированные знания по дисциплине Сопротивление материалов, концентрируют внимание на наиболее сложных и важных вопросах. Во время лекционных занятий рекомендуется вести конспектирование учебного материала; обращать внимание на формулировки и категории, раскрывающие суть проблемы, явления или процесса; зафиксировать выводы и практические рекомендации. Подготовка к **занятиям семинарского типа** включает ознакомление с планом занятия; работу с конспектом лекций, выполнение домашнего задания, работу с учебной и учебно-методической литературой, научными изданиями и электронными образовательными ресурсами, рекомендованными рабочей программой дисциплины Сопротивление материалов.

Содержание **самостоятельной работы** определяется рабочей программой дисциплины Сопротивление материалов, оценочными и методическими материалами, заданиями и указаниями преподавателя. Самостоятельная работа может осуществляться в аудиторной и внеаудиторной формах. Эффективным средством осуществления самостоятельной работы является электронная информационно-образовательная среда университета, которая обеспечивает доступ к образовательной программе, рабочей программе дисциплины Сопротивление материалов, к электронным библиотечным системам, профессиональным базам данных и информационным справочным системам. Изучение дисциплины Сопротивление материалов включает выполнение **расчётно-графической работы, лабораторной работы, контрольной работы**. Периодичность проведения, формы текущего контроля успеваемости, система оценивания хода освоения дисциплин представлены в рабочей программе. Формой промежуточной аттестации по дисциплине Сопротивление материалов является

экзамен.

Раздел 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Учебно-методическое обеспечение

| №№<br>п/п   | Список используемой литературы   | Количество<br>экземпляров печатных<br>изданий, имеющихся в<br>библиотеке, или<br>электронный адрес издания<br>(ресурса) в сети Интернет   |
|---|--|---|
| <b>УЧЕБНЫЕ, УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ И НАУЧНЫЕ ИЗДАНИЯ</b>                   |  |   |
| 1.  | Кудрявцев, Сергей Геннадьевич. Олимпиады по сопротивлению материалов [Текст] : задачи и решения : [учеб. пособие для студентов вузов по специальности 150301.65 "Динамика и прочность машин"] / С. Г. Кудрявцев. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2008. - 179, [1] с. ISBN 978-5-8158-0666-5. Экземпляры: всего 47. | 47 /<br><a href="https://portal.volgatech.net/books/Kudrjavcev_Sbornik_zadach_po_olimpiade.pdf">https://portal.volgatech.net/books/Kudrjavcev_Sbornik_zadach_po_olimpiade.pdf</a> |
| 2.  | Сопротивление материалов [Текст] : [сб. расчетно-проектировоч. заданий и метод. указания к их выполнению] / [сост. А. В. Андреев и др. ; под ред. Ю. А. Куликова]. Изд. 5-е, перераб. и доп. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2010. - 90 с. Экземпляры: всего 181.  | 181 /<br><a href="https://portal.volgatech.net/books/Andreev_soprotivlenie_materialov.pdf">https://portal.volgatech.net/books/Andreev_soprotivlenie_materialov.pdf</a>            |
| 3.  | Куликов, Юрий Александрович. Сопротивление материалов [Текст] : курс лекций : учебное пособие / Ю. А. Куликов. Санкт-Петербург: Лань, 2017. - 268, [1] с. ISBN 978-5-8114-2449-8. Экземпляры: всего 57.  | 57  |
| 4.  | Феодосьев, Всеволод Иванович. Сопротивление материалов [Текст] : учеб. для студентов вузов / В. И. Феодосьев. 10-е изд., перераб. и доп. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2001. - 588 с. ISBN 5-7038-1588-6. Экземпляры: всего 30.   | 30  |
| 5.  | Александров, Анатолий Васильевич. Сопротивление материалов [Текст] : учеб. для студентов вузов / А. В. Александров, В. Д. Потапов, Б. П. Державин ; под ред. А. В. Александрова. Изд. 7-е, стер. М.: Высшая школа, 2009. - 559, [1] с. ISBN 978-5-06-006126-0. Экземпляры: всего 46.                   | 46  |
| 6.  | Сопротивление материалов [Текст] : [сб. расчетно-проектировоч. заданий и метод. указания к их выполнению] / [сост. А. В. Андреев и др. ; под ред. Ю. А. Куликова]. Изд. 5-е, перераб. и доп. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2010. - 90 с. Экземпляры: всего 181.  | 181 /<br><a href="https://portal.volgatech.net/books/Andreev_soprotivlenie_materialov.pdf">https://portal.volgatech.net/books/Andreev_soprotivlenie_materialov.pdf</a>            |
| 7.  | Куликов, Ю. А. Сопротивление материалов. Курс лекций [Электронный ресурс] / Куликов Ю. А. Санкт-Петербург: Лань, 2022. - 272 с. ISBN 978-5-8114-2449-8.  | <a href="https://e.lanbook.com/book/209807">https://e.lanbook.com/book/209807</a>   |
| <b>ЭЛЕКТРОННЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ</b>                              |  |   |
| 1.  | Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU   | <a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>   |
| 2.  | Научная электронная библиотека «Киберленинка»  | <a href="http://cyberleninka.ru">http://cyberleninka.ru</a>   |
| <b>ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ БАЗЫ ДАННЫХ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПРАВОЧНЫЕ СИСТЕМЫ</b> |  |   |

|    |  |   |
|----|--|---|
| 1. | Справочно-правовая система Консультант+        | <a href="http://www.consultant.ru">http://www.consultant.ru</a> |
| 2. | Информационно-правовой портал Гарант           | <a href="http://www.garant.ru">http://www.garant.ru</a>         |
| 3. | Профессиональные справочные системы Техэксперт | <a href="http://www.cntd.ru">http://www.cntd.ru</a>             |

## 6.2. Материально-техническая база и программное обеспечение

| №№<br>п/п | Аудитории для проведения учебных занятий, самостоятельной работы и проведения государственной итоговой аттестации | Перечень основного оборудования   | Программное обеспечение  |
|-----------|---|---|--|
| 1.        | 153 (I)   | ИЗМЕРИТЕЛЬН.СИСТЕМА СИИТ-3 (1), ИЗМЕРИТЕЛЬН.СИСТЕМА СИИТ-3 (1), ИСПЫТ.МАШИНА ГРМ-1 (1), Копер маятниковый WRM (1969г) (1), МАШИНА КМ-50-1 (1), МАШИНА РАЗРЫВНАЯ ИР 5047 50-02 (1), МАШИНА РАЗРЫВНАЯ Р-5 (1), ОСЦИЛЛОГРАФ МО 71.1 (1), УН.ИСПЫТ МАШИНАГМС20 (1), Комплект учебной мебели (1) | Microsoft Windows Enterprise, Справочная правовая система "Консультант Плюс", Microsoft Office Standard, Агент Dr.Web, Комплект ГАРАНТ-Мастер, Microsoft Access, Microsoft Visio Professional, Microsoft Project Professional, Microsoft Visual Studio Enterprise, Комплект ПО для решения основных пользовательских задач |
| 2.        | 154 (I)   | Монитор 17" DELL (1), УСТАНОВКА ЦЕНТР УД. (1), Комплект учебной мебели (1)  | Microsoft Windows Enterprise, Справочная правовая система "Консультант Плюс", Microsoft Office Standard, Агент Dr.Web, Комплект ГАРАНТ-Мастер, Microsoft Access, Microsoft Visio Professional, Microsoft Project Professional, Microsoft Visual Studio Enterprise, Комплект ПО для решения основных пользовательских задач |
| 3.        | 155 (I)   | Лабораторная установка"Модель М1" (1), Лабораторная установка"Модель М2" (1), Лабораторная установка"Модель М3" (1), Лабораторная установка"Модель М4" (1), МАШИНА Р-10 (1), МАШИНА Р-20 (1), Экран на штативе 180x180 (1), Комплект учебной мебели (1)                                     | Microsoft Windows Enterprise, Справочная правовая система "Консультант Плюс", Microsoft Office Standard, Агент Dr.Web, Комплект ГАРАНТ-Мастер, Microsoft Access, Microsoft Visio Professional, Microsoft Project Professional,   |

|  |  |   |
|--|--|---|
|  |  | Microsoft Visual Studio Enterprise, Комплект ПО для решения основных пользовательских задач |
|--|--|---|

## Раздел 7. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ/ ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Критерии оценивания индикаторов достижения компетенций направлены на:

- усвоение теоретического материала (объем знаний, глубина усвоения), предусмотренного рабочей программой;
- умение излагать материал (четкость, грамотность изложения материала, точность и полнота воспроизведения учебного материала);
- умение применять теоретические знания при решении практических заданий.

Шкала оценивания представлена ниже.

| Уровень сформированности элементов компетенции | Критерии оценивания   | Шкала оценивания  |
|--|---|-------------------|
| Пороговый уровень                              | Обучающийся имеет знания основного материала, проявляет умение логично его излагать, но может допускать неточности в изложении материала, недостаточно правильные формулировки, испытывает затруднения в выполнении практических заданий.   | удовлетворительно |
| Продвинутый уровень                            | Обучающийся твердо знает программный материал, излагает его грамотно и по существу, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения   | хорошо            |
| Высокий уровень                                | Обучающийся глубоко и прочно усвоил программный материал, грамотно и логически стройно его излагает, дает исчерпывающие ответы на поставленные вопросы. В ответе тесно увязывается теория с практикой, при этом обучающийся не затрудняется с ответом при видоизменении задания, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, показывает знакомство с монографической литературой, периодическими изданиями, правильно обосновывает принятые решения, свободно владеет разносторонними навыками, приемами выполнения практических работ | отлично           |

### 7.1. Текущий контроль успеваемости

Текущий контроль успеваемости обеспечивает оценивание хода освоения дисциплины (модуля) и производится с применением технологии рейтингового контроля в соответствии с технологической картой дисциплины. Порядок составления технологической карты и алгоритм проведения процедуры оценивания видов деятельности обучающихся, направленных на освоение знаний, умений, навыков и/ или опыта деятельности, по накопительной системе в баллах устанавливается положением о системе РИТМ в ФГБОУ ВО «ПГТУ»

## 7.2. Промежуточная аттестация обучающихся

Промежуточная аттестация обучающихся направлена на оценивание результатов обучения по дисциплине (модулю) и проводится с использованием фондов оценочных средств.

Примеры типовых контрольных заданий из базы фонда оценочных средств по образовательной программе.

### Задание 1.

Для балок, схемы которых представлены, определить реакции опор, построить эпюры поперечных сил и эпюры изгибающих моментов. Для каждой схемы определить максимальное значение изгибающего момента  $M_{i\max}$  (по абсолютной величине). Величины  $F$ ,  $L$ ,  $q$ ,  $a$  заданы.

### Задание 2.

Для вала зубчатой передачи составить расчетную схему в вертикальной плоскости, определить реакции подшипников в вертикальной плоскости, построить эпюру поперечных сил и эпюру изгибающих моментов в вертикальной плоскости.

На рисунке:  $F$  – радиальная,  $T$  – окружная составляющие усилий зацепления.

При переходе к расчетной схеме вала подшипники считать как шарнирные пространственные опоры, силами трения в опорах пренебречь.

### Задание 3.

Для балок, схемы которых представлены, определить реакции опор, построить эпюры поперечных сил и эпюры изгибающих моментов. Для каждой схемы определить максимальное значение изгибающего момента  $M_{i\max}$  (по абсолютной величине). Величины  $q$ ,  $a$  заданы.

Пример экзаменационного билета:

1. Силы внешние и внутренние. Метод сечений. Внутренние силовые факторы в поперечных сечениях стержня.

2. Напряжения в сечении стержня при плоском поперечном изгибе. Формула Д.И. Журавского.

3. Задача: Рама состоит из двух частей, соединенных шарниром. В точка А и Е закреплена при помощи шарниров. Приложенная нагрузка представлена на рисунке. Размеры даны в метрах. Найти реакции опор.

Перечень вопросов для проведения промежуточной аттестации

1. Основные понятия курса «Сопротивление материалов»: прочность, жёсткость, устойчивость. Реальный объект и расчетная схема. Классификация тел по геометрическим параметрам.
2. Основные гипотезы о свойствах материала. Классификация внешних сил (объемные, поверхностные, распределенные, сосредоточенные, статические, динамические).
3. Принципы курса «Сопротивление материалов».
4. Метод сечений, внутренние силовые факторы в поперечном сечении стержня.

5. Понятие о напряжении. Напряжение полное, нормальное, касательное. Напряженное состояние в точке. Связь внутренних силовых факторов с напряжениями.
6. Перемещения и деформации (линейные, угловые).
7. Растяжение и сжатие прямого стержня. Гипотеза плоских сечений. Внутренние силы и напряжения в поперечном сечении стержня. Напряжения в наклонном сечении стержня при растяжении-сжатии.
8. Перемещения и деформации. Закон Гука. Модуль упругости. Деформации продольные и поперечные. Коэффициент Пуассона.
9. Механические испытания материалов на растяжение и сжатие. Диаграммы растяжения пластичных и хрупких материалов. Условная и истинная диаграммы напряжений. Диаграммы сжатия различных материалов.
10. Потенциальная энергия деформации при растяжении-сжатии. Работа, затраченная на разрыв образца.
11. Механические свойства и механические характеристики материалов.
12. Расчеты на прочность и жесткость при растяжении и сжатии. Предельное и допускаемое напряжения, условия прочности. Коэффициент запаса прочности. Условие жесткости.
13. Чистый сдвиг. Закон парности касательных напряжений. Анализ напряженного состояния при чистом сдвиге. Диаграмма напряжений. Закон Гука при сдвиге. Модуль сдвига.
14. Кручение стержня круглого поперечного сечения. Гипотезы. Вывод формулы для определения касательного напряжения. Полярный момент инерции и полярный момент сопротивления круга и кольца.
15. Определение взаимного угла поворота сечений. Относительный угол закручивания. Потенциальная энергия при деформации кручение.
16. Условия прочности и жесткости при кручении. Расчеты на прочность и жесткость при кручении (типы задач).
17. Геометрические характеристики поперечных сечений стержня. Статические моменты площади. Осевые, полярный и центробежный моменты инерции. Изменение моментов инерции при параллельном переносе осей координат.
18. Осевые моменты инерции простейших фигур (прямоугольник, треугольник, круг).
19. Изменение моментов инерции при повороте осей координат. Главные оси и главные моменты инерции.
20. Плоский изгиб стержня. Внутренние силовые факторы. Правило знаков. Дифференциальные зависимости между  $M$ ,  $Q$  и  $\rho$ .
21. Чистый изгиб. Основные гипотезы. Вывод формулы для определения нормального напряжения при чистом изгибе. Зависимость изменения кривизны оси балки от изгибающего момента. Жесткость поперечного сечения стержня на изгиб.
22. Рациональные формы поперечных сечений балок: двутавр, швеллер, трехслойная конструкция. Балка равного сопротивления изгибу.
23. Касательные напряжения при плоском поперечном изгибе стержней со сплошным поперечным сечением. Вывод формулы Журавского. Касательные напряжения при поперечном изгибе балки прямоугольного поперечного сечения, круглого поперечного

сечения.

24. Расчеты на прочность при плоском изгибе (по нормальным напряжениям, по касательным напряжениям).
25. Перемещения при плоском поперечном изгибе балки. Определение перемещений методом интегрирования дифференциального уравнения упругой линии балки. Пример. Расчеты на жесткость при плоском поперечном изгибе.
26. Обобщенная сила и обобщенное перемещение. Работа внешних сил. Теорема о взаимности работ. Теорема о взаимности перемещений. Потенциальная энергия упругой деформации стержня в общем случае его нагружения. Теорема Кастильяно.
27. Интегралы Максвелла-Мора. Определение упругих перемещений с помощью интегралов Мора. Пример.
28. Вычисление интегралов Мора по правилу Верещагина. Пример.
29. Теория напряжений. Напряжённое состояние в точке. Тензор напряжения. Главные площадки и главные напряжения. Инварианты напряженного состояния. Классификация напряженных состояний.
30. Деформированное состояние в точке. Тензор деформаций. Объёмная деформация.
31. Обобщённый закон Гука для изотропного тела. Потенциальная энергия упругой деформации. Потенциальная энергия изменения объёма и изменения формы.
32. Прочность при сложном напряженном состоянии. Первая и вторая теории прочности. Третья и четвёртая теории прочности. Теория прочности Мора.
33. Комбинированное нагружение стержня. Косой изгиб. Эпюры внутренних силовых факторов. Определение нормальных напряжений и положения нейтральной линии в поперечном сечении. Опасные точки в сечении. Условия прочности.
34. Внецентренное растяжение – сжатие. Эпюры внутренних силовых факторов. Определение нормальных напряжений и положения нейтральной линии в поперечном сечении. Опасные точки в сечении. Условия прочности. Ядро сечения.
35. Изгиб с кручением стержня круглого поперечного сечения. Эпюры внутренних силовых факторов. Опасное сечение, нейтральная линия, опасные точки, условия прочности.
36. Устойчивость упругих систем. Понятие потери устойчивости. Критическая сила. Устойчивость центрально сжатых стержней. Задача Эйлера. Зависимость критической силы от условий закрепления концов стержня.
37. Критическое напряжение. Пределы применимости формулы Эйлера. Потеря устойчивости стержня при напряжениях, превышающих предел пропорциональности. Формула Тетмайера-Ясинского.
38. Расчет сжатых стержней на устойчивость. Рациональные формы поперечных сечений сжатых стержней.
39. Основные виды динамических нагрузок, действующих на конструкции. Действие ударной нагрузки. Энергетический метод расчета. Динамический коэффициент. Определение упругих перемещений и напряжений.

