



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра Строительной механики

УТВЕРЖДАЮ
Начальник учебно-методического управления

«29» июня 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Сопротивление материалов. Основы теории упругости и пластичности

направление подготовки/специальность 08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений

направленность (профиль)/специализация образовательной программы Строительство высотных и
большепролетных зданий и сооружений

Форма обучения очная

Санкт-Петербург, 2023

1. Цели и задачи освоения дисциплины (модуля)

Целями освоения дисциплины являются:

формирование базовых общекультурных и профессиональных компетенций, необходимых для решения задач, соответствующих профессиональной деятельности специалиста, работающего по специальности строительство уникальных зданий и сооружений, в области обеспечения прочности, жесткости и устойчивости при проектировании элементов строительных конструкций.

Задачами освоения дисциплины являются:

- изучение теоретических и экспериментальных основ сопротивления материалов;
- достижение умения составлять расчетную схему элемента с учетом условий его работы при восприятии внешних нагрузок и воздействий;
- формирование навыков решения практических задач на проверку прочности, жесткости и устойчивости элементов конструкций.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции | Планируемые результаты обучения по дисциплине, обеспечивающие достижение планируемых результатов освоения ОПОП |
|--|--|---|
| ОПК-1 Способен решать прикладные задачи строительной отрасли, используя теорию и методы фундаментальных наук | ОПК-1.2 Представляет базовые для профессиональной сферы физические процессы (явления) в виде математического(их) уравнения(й), обоснование граничных и начальных условий | знает характеристики физических процессов, характерных для задач механики твердого деформируемого тела умеет определять механические характеристики материалов на основе эксперимента, определять расчетным путем характеристики напряженно-деформированного состояния владеет методами и способами определения основных характеристик НДС твердого тела теоретическим и экспериментальным путем |
| ОПК-1 Способен решать прикладные задачи строительной отрасли, используя теорию и методы фундаментальных наук | ОПК-1.3 Осуществляет выбор фундаментальных законов, описывающих изучаемый процесс или явление, для решения задач профессиональной деятельности | знает Фундаментальные законы, описывающие изучаемый процесс или явление, для решения задач профессиональной деятельности. умеет Выбирать фундаментальные законы, описывающие изучаемый процесс или явление, для решения задач профессиональной деятельности. владеет Методикой выявления фундаментальных законов, описывающих изучаемый процесс или явление, для решения задач профессиональной деятельности. |

| | | |
|--|---|---|
| <p>ОПК-1 Способен решать прикладные задачи строительной отрасли, используя теорию и методы фундаментальных наук</p> | <p>ОПК-1.5 Решает уравнения, описывающие основные физические процессы, с применением методов линейной алгебры и математического анализа</p> | <p>знает фундаментальные законы физики и механики, лежащие в основе расчета напряженно-деформированного состояния твердого тела умеет применять фундаментальные физические законы при описании НДС деформируемого твердого тела (стержневого элемента) владеет навыками использования фундаментальных законов, описывающих процессы и явления, в целях расчета стержневых элементов на прочность, жесткость и устойчивость</p> |
| <p>ОПК-11 Способен осуществлять постановку и решение научно-технических задач строительной отрасли, выполнять экспериментальные исследования и математическое моделирование, анализировать их результаты, осуществлять организацию выполнения научных исследований</p> | <p>ОПК-11.1 Формулирует цели и задачи исследований</p> | <p>знает Основы методологии проведения научных исследований с применением математического моделирования в области механики деформируемого твердого тела умеет сформулировать цели и наметить задачи исследования напряженно-деформированного состояния и прочности конструкций при решении научно-технических задач в строительной отрасли. владеет практическими навыками в постановке исследовательских задач по оценке прочности элементов строительных конструкций</p> |
| <p>ОПК-11 Способен осуществлять постановку и решение научно-технических задач строительной отрасли, выполнять экспериментальные исследования и математическое моделирование, анализировать их результаты, осуществлять организацию выполнения научных исследований</p> | <p>ОПК-11.3 Создает математическую модель исследуемого процесса (явления) и обрабатывает результаты исследования</p> | <p>знает основные принципы построения математических моделей расчета конструкций на прочность, жесткость и устойчивость умеет создавать математические модели расчета элементов строительных конструкций с применением аппарата сопротивления материалов и теории упругости владеет теоретическую и экспериментальную базу, необходимую для формулировки выводов по результатам исследования в области расчета строительных конструкций</p> |

| | | |
|--|---|--|
| <p>ОПК-3 Способен принимать решения в профессиональной деятельности, используя теоретические основы, нормативно-правовую базу, практический опыт капитального строительства, а также знания о современном уровне его развития</p> | <p>ОПК-3.1 Описывает основные сведения об объектах и процессах профессиональной деятельности посредством использования профессиональной терминологии</p> | <p>знает профессиональную терминологию в области науки о сопротивлении материалов и теории упругости, характеризующую основные объекты и процессы, рассматриваемые в этих дисциплинах</p> <p>умеет описывать основные сведения об объектах расчета на прочность, жесткость и устойчивость с помощью профессиональной терминологии</p> <p>владеет умением применять профессиональную терминологию при проведении расчетно-проектировочных работ и научных исследований в теоретической и инженерно-практической деятельности</p> |
| <p>ОПК-6 Способен осуществлять и организовывать разработку проектов зданий и сооружений с учетом экономических, экологических и социальных требований и требований безопасности, способен выполнять технико-экономическое обоснование проектных решений зданий и сооружений, осуществлять техническую экспертизу проектов и авторский надзор за их соблюдением</p> | <p>ОПК-6.11 Проводит оценку прочности, жёсткости и устойчивости элемента строительных конструкций, в т.ч. с использованием прикладного программного обеспечения</p> | <p>знает Основные правила перехода от конструктивных к расчётным схемам</p> <p>умеет Переходить от конструктивных к расчётным схемам</p> <p>владеет Программными комплексами для расчета конструкций</p> |

3. Указание места дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Данная дисциплина (модуль) включена в Блок «Дисциплины, модули» Б1.О.15.03 основной профессиональной образовательной программы 08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений и относится к обязательной части учебного плана.

| № п/п | Предшествующие дисциплины | Код и наименование индикатора достижения компетенции |
|-------|---------------------------------|--|
| 1 | Физика | ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, УК-1.1 |
| 2 | Строительные материалы. Часть 1 | ОПК-3.4, ОПК-3.12 |
| 3 | Инженерная графика | ОПК-3.7, ОПК-4.6 |
| 4 | Информационные технологии | ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, УК-1.1, УК-1.2, УК-1.6 |

Физика

знать физические явления и законы, относящиеся к механике деформируемого твердого тела
уметь использовать законы физики при решении задач механики твердого тела
владеть основами научного подхода к явлениям и процессам материального мира

Строительные материалы. Часть 1.

Знать основные свойства строительных материалов, используемых для несущих конструкций
уметь применять знания о свойствах материалов при выборе их механических характеристик для расчетов на прочность.

владеть основами механических испытаний материалов в лабораторных условиях.

Инженерная графика

знать правила выполнения чертежей и графиков;
уметь строить расчетные схемы, эпюры и графики.

Информационные технологии

знать основные понятия информатики, современные средства вычислительной техники;
уметь решать системы линейных алгебраических уравнений с применением программно-вычислительных средств;

владеть навыками решения инженерных задач с помощью прикладных программ.

| № п/п | Последующие дисциплины | Код и наименование индикатора достижения компетенции |
|-------|---|--|
| 1 | Механика грунтов | ОПК-3.1, ОПК-5.7, ОПК-5.9, ОПК-5.10 |
| 2 | Строительная механика | ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-1.4, ОПК-1.5, ОПК-1.8, ОПК-3.1, ОПК-6.11, ОПК-11.1, ОПК-11.3, ОПК-11.6 |
| 3 | Основания и фундаменты | ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.4 |
| 4 | Конструкции из дерева и пластмасс | ОПК-3.10, ОПК-3.12, ОПК-4.6, ОПК-6.6, ОПК-6.9, ОПК-6.11 |
| 5 | Фундаменты большепролетных и высотных зданий и сооружений | ПК-1.2, ПК-1.4, ПК-1.5, ПК-1.8, ПК-4.1, ПК-4.2 |
| 6 | Нелинейные задачи строительной механики | ПК-1.6, ПК-1.8 |
| 7 | Методы проектирования зданий и сооружений | ПК-1.1, ПК(Ц)-1.1 |
| 8 | Теория расчета на динамические и сейсмические воздействия | ПК-1.6, ПК-1.8 |
| 9 | Научно-исследовательская работа | ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3 |
| 10 | Обследование, испытание зданий и сооружений | ОПК-3.10, ОПК-3.12, ОПК-4.6, ОПК-6.6, ОПК-6.9, ОПК-6.11 |

4. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

| Вид учебной работы | Всего часов | Из них часы на практическую подготовку | Семестр | |
|---|-------------|--|---------|-------|
| | | | 3 | 4 |
| Контактная работа | 160 | | 64 | 96 |
| Лекционные занятия (Лек) | 64 | 0 | 32 | 32 |
| Лабораторные занятия (Лаб) | 8 | 0 | 4 | 4 |
| Практические занятия (Пр) | 88 | 0 | 28 | 60 |
| Иная контактная работа, в том числе: | 3,7 | | 1,85 | 1,85 |
| консультации по курсовой работе (проекту), контрольным работам (РГР) | 1,6 | | 0,8 | 0,8 |
| контактная работа на аттестацию (сдача зачета, зачета с оценкой; защита курсовой работы (проекта); сдача контрольных работ (РГР)) | 1,6 | | 0,8 | 0,8 |
| контактная работа на аттестацию в сессию (консультация перед экзаменом и сдача | 0,5 | | 0,25 | 0,25 |
| Часы на контроль | 35,5 | | 8,75 | 26,75 |
| Самостоятельная работа (СР) | 160,8 | | 69,4 | 91,4 |
| Общая трудоемкость дисциплины (модуля) | | | | |
| часы: | 360 | | 144 | 216 |
| зачетные единицы: | 10 | | 4 | 6 |

5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по разделам (темам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

5.1. Тематический план дисциплины (модуля)

| № | Разделы дисциплины | Семестр | Контактная работа (по учебным занятиям), час. | | | | | | СР | Всего, час. | Код индикатора достижения компетенции |
|------|--|---------|---|-----------------------------------|-------|-----------------------------------|-------|-----------------------------------|------|-------------------------------------|---------------------------------------|
| | | | лекции | | ПЗ | | ЛР | | | | |
| | | | всего | из них на практическую подготовку | всего | из них на практическую подготовку | всего | из них на практическую подготовку | | | |
| 1. | 1 раздел. Основные понятия, гипотезы и принципы сопротивления материалов | | | | | | | | | | |
| 1.1. | Основные понятия, гипотезы и принципы сопротивления материалов | 3 | 2 | | | | | 3,5 | 5,5 | ОПК-1.2, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.1 | |
| 2. | 2 раздел. Центральное растяжение-сжатие стержня | | | | | | | | | | |
| 2.1. | Усилия и напряжения при центральном сжатии-растяжении | 3 | 2 | | 1 | | | 4 | 7 | ОПК-1.2, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.1 | |
| 2.2. | Механические характеристики конструкционных материалов | 3 | 2 | | | | 2 | 3 | 7 | ОПК-1.2, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.1 | |
| 2.3. | Расчеты на прочность при растяжении-сжатии. | 3 | 1 | | 1 | | | 2,5 | 4,5 | ОПК-1.2, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.1 | |
| 2.4. | Статически неопределимые задачи при растяжении и сжатии | 3 | 1 | | 4 | | | 6,9 | 11,9 | ОПК-1.2, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.1 | |
| 3. | 3 раздел. Геометрические характеристики поперечных сечений | | | | | | | | | | |
| 3.1. | Основные понятия. Геометрические характеристики простых фигур. | 3 | 2 | | | | | 3 | 5 | ОПК-1.2, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.1 | |

| | | | | | | | | | | | |
|------|---|---|---|--|---|--|---|--|-----|-----|--|
| 3.2. | Геометрические характеристики составных сечений | 3 | 2 | | 2 | | | | 3,5 | 7,5 | ОПК-1.2, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.1 |
| 4. | 4 раздел. Основы теории напряженных состояний | | | | | | | | | | |
| 4.1. | Виды напряженных состояний. Линейное напряженное состояние. | 3 | 1 | | | | | | 2 | 3 | ОПК-1.2, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.1 |
| 4.2. | Плоское напряженное состояние | 3 | 2 | | 2 | | | | 4 | 8 | ОПК-1.2, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.1 |
| 4.3. | Графическое представление плоского напряженного состояния. | 3 | 2 | | 1 | | | | 3 | 6 | ОПК-1.2, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.1 |
| 4.4. | Объемное напряженное состояние | 3 | 2 | | 1 | | | | 2 | 5 | ОПК-1.2, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.1 |
| 4.5. | Теории прочности. | 3 | 1 | | 1 | | | | 3 | 5 | ОПК-1.2, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.1 |
| 4.6. | Чистый сдвиг | 3 | 1 | | | | | | 2 | 3 | ОПК-1.2, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.1 |
| 5. | 5 раздел. Кручение стержня | | | | | | | | | | |
| 5.1. | Кручение стержня круглого и кольцевого сечений | 3 | 2 | | 2 | | | | 4 | 8 | ОПК-1.2, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.1 |
| 5.2. | Кручение стержней некруглого сечения | 3 | 1 | | 1 | | | | 2 | 4 | ОПК-1.2, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.1 |
| 5.3. | Свободное кручение тонкостенных стержней. | 3 | 1 | | | | 2 | | 4 | 7 | ОПК-1.2, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.1 |

| | | | | | | | | | | | |
|------|--|---|---|--|---|--|---|--|-----|------|--|
| 6. | 6 раздел. Плоский изгиб прямолинейного стержня | | | | | | | | | | |
| 6.1. | Усилия при плоском изгибе | 3 | 2 | | 6 | | | | 8 | 16 | ОПК-1.2, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.1 |
| 6.2. | Чистый изгиб. Нормальные напряжения при изгибе | 3 | 2 | | 2 | | | | 2 | 6 | ОПК-1.2, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.1 |
| 6.3. | Поперечный изгиб. Касательные напряжения при изгибе. | 3 | 2 | | 2 | | | | 2 | 6 | ОПК-1.2, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.1 |
| 6.4. | Главные напряжения при поперечном изгибе. Расчет тонкостенных сечений. | 3 | 1 | | 2 | | | | 5 | 8 | ОПК-1.2, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.1 |
| 6.5. | Перемещения при плоском изгибе | 4 | 5 | | 8 | | | | 14 | 27 | ОПК-1.2, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.1 |
| 7. | 7 раздел. Иная контактная работа | | | | | | | | | | |
| 7.1. | Иная контактная работа | 3 | | | | | | | | 1,6 | ОПК-1.2, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.1 |
| 8. | 8 раздел. Контроль | | | | | | | | | | |
| 8.1. | Зачет с оценкой. | 3 | | | | | | | | 9 | ОПК-1.2, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.1 |
| 9. | 9 раздел. Сложное сопротивление прямолинейного стержня | | | | | | | | | | |
| 9.1. | Косой и пространственный изгиб | 4 | 2 | | 2 | | 2 | | 4,4 | 10,4 | ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-6.11, ОПК-11.1, ОПК-11.3 |

| | | | | | | | | | | | |
|-------|--|---|-----|--|---|--|---|--|---|-----|-------------------------------------|
| 9.2. | Внецентренное сжатие-растяжение | 4 | 4 | | 5 | | | | 7 | 16 | ОПК-1.2, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.1 |
| 9.3. | Совместное действие изгиба и кручения | 4 | 2 | | 5 | | | | 7 | 14 | ОПК-1.2, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.1 |
| 10. | 10 раздел. Криволинейные стержни | | | | | | | | | | |
| 10.1. | Напряжения и перемещения в стержнях с криволинейной осью | 4 | 1 | | 2 | | | | 6 | 9 | ОПК-1.2, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.1 |
| 11. | 11 раздел. Устойчивость сжатых стержней | | | | | | | | | | |
| 11.1. | Устойчивость центрально-сжатого стержня | 4 | 2 | | 6 | | 2 | | 8 | 18 | ОПК-1.2, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.1 |
| 11.2. | Нелинейные задачи расчета гибких стержней | 4 | 2 | | 2 | | | | 3 | 7 | ОПК-1.2, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.1 |
| 12. | 12 раздел. Основные уравнения теории упругости | | | | | | | | | | |
| 12.1. | Основные принципы и допущения линейной теории упругости | 4 | 1 | | | | | | 3 | 4 | ОПК-1.2, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.1 |
| 12.2. | Теория напряжений | 4 | 3 | | 8 | | | | 6 | 17 | ОПК-1.2, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.1 |
| 12.3. | Теория деформаций | 4 | 2 | | 2 | | | | 5 | 9 | ОПК-1.2, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.1 |
| 12.4. | Обобщенный закон Гука | 4 | 0,5 | | 2 | | | | 3 | 5,5 | ОПК-1.2, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.1 |

| | | | | | | | | | | | |
|-------|---|---|-----|--|----|--|--|--|----|------|-------------------------------------|
| 12.5. | Постановка задач теории упругости и методы их решения. | 4 | 1,5 | | 8 | | | | 9 | 18,5 | ОПК-1.2, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.1 |
| 13. | 13 раздел. Плоская задача теории упругости в декартовых координатах | | | | | | | | | | |
| 13.1. | Основные уравнения плоской задачи теории упругости | 4 | 1,5 | | | | | | 4 | 5,5 | ОПК-1.2, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.1 |
| 13.2. | Решение плоской задачи теории упругости в напряжениях. | 4 | 1,5 | | 10 | | | | 12 | 23,5 | ОПК-1.2, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.1 |
| 14. | 14 раздел. Основы теории пластичности и ползучести | | | | | | | | | | |
| 14.1. | Основы теории пластичности | 4 | 2 | | | | | | | 2 | ОПК-1.2, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.1 |
| 14.2. | Основы теории ползучести | 4 | 1 | | | | | | | 1 | ОПК-1.2, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.1 |
| 15. | 15 раздел. Иная контактная работа | | | | | | | | | | |
| 15.1. | Иная контактная работа | 4 | | | | | | | | 1,6 | ОПК-1.2, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.1 |
| 16. | 16 раздел. Контроль | | | | | | | | | | |
| 16.1. | Экзамен | 4 | | | | | | | | 27 | ОПК-1.2, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.1 |

5.1. Лекции

| № разд | Наименование раздела и темы лекций | Наименование и краткое содержание лекций |
|--------|--|--|
| 1 | Основные понятия, гипотезы и принципы сопротивления материалов | Основные понятия, гипотезы и принципы сопротивления материалов Предмет сопротивления материалов. Виды деформаций. Свойства идеального материала. Идеализация геометрической формы. Расчетная модель стержневого элемента и ее свойства. Классификация нагрузок. Метод сечений и внутренние силы. Усилия в сечении стержня. Понятие о напряжениях. принцип независимости действия сил. Принцип Сен-Венана. |

| | | |
|----|--|---|
| 2 | Усилия и напряжения при центральном сжатии-растяжении | Усилия и напряжения при центральном сжатии-растяжении Определение усилий при растяжении-сжатии стержня. Абсолютные и относительные деформации. Законы Гука и Пуассона. Определение нормальных напряжений. Растяжение стержня собственным весом. Стержень равного сопротивления. Потенциальная энергия упругой деформации. |
| 3 | Механические характеристики конструктивных материалов | Механические испытания и характеристики материалов. Основные виды материалов по характеру разрушения. Назначение механических испытаний. Диаграмма растяжения малоуглеродистой стали и ее основные характеристики. Диаграмма условных напряжений. Характеристики прочности, пластичности и упругости. Явление наклепа. Диаграмма сжатия стали. Диаграммы сжатия-растяжения иных пластичных материалов. Условный предел текучести. Диаграммы сжатия-растяжения хрупких материалов и их прочностные характеристики. Ползучесть и релаксация напряжений. Концентрация напряжений. |
| 4 | Расчеты на прочность при растяжении-сжатии. | Расчеты на прочность при растяжении-сжатии Понятие об опасных напряжениях для пластичных и хрупких материалах. Метод расчета по допускаемым напряжениям. Условие прочности при растяжении-сжатии. Три типа задач на прочность. Метод расчета по предельным состояниям. нормативные и расчетные сопротивления материала. Условие прочности. Условие жесткости при растяжении-сжатии. |
| 5 | Статически неопределимые задачи при растяжении и сжатии | Статически неопределимые задачи при растяжении и сжатии Понятие о статически неопределимой задаче. Группы уравнений для решения статически неопределимой задачи. Определение усилий в статически неопределимой стержневой системе при упругой работе материала. Расчет на прочность по упругой стадии деформирования. Расчет по предельному пластическому состоянию. Особенности расчета статически неопределимых систем на изменение температуры и неточность изготовления ее элементов. |
| 6 | Основные понятия. Геометрические характеристики простых фигур. | Основные понятия. Геометрические характеристики простых фигур. Понятие об основных геометрических характеристиках плоской фигуры. Статические моменты, осевые, центробежные и полярные моменты инерции. моменты сопротивления. Радиусы инерции. Вычисление характеристик простейших сечений: прямоугольник, круг, кольцо. |
| 7 | Геометрические характеристики составных сечений | Геометрические характеристики составных сечений. Теоремы о моментах инерции при параллельном переносе осей и при повороте системы осей. Главные центральные оси и главные моменты инерции. Определение геометрических характеристик составных сечений на основе теорем о моментах инерции. Примеры. |
| 8 | Виды напряженных состояний. Линейное напряженное состояние. | Виды напряженных состояний. Линейное напряженное состояние. Понятие о напряженном состоянии в точке твердого тела. Характеристика видов напряженных состояний. Главные напряжения и главные площадки. Линейное напряженное состояние. Определение напряжений по наклонной площадке. |
| 9 | Плоское напряженное состояние | Плоское напряженное состояние Напряжения по наклонным площадкам при плоском напряженном состоянии. Закон парности касательных напряжений. Определение главных напряжений и положения главных площадок. Максимальные касательные напряжения. Примеры. |
| 10 | Графическое представление | Графическое представление плоского напряженного состояния Уравнения круга Мора при плоском напряженном состоянии. |

| | | |
|----|--|---|
| | плоского напряженного состояния. | Построение круга Мора по главным напряжениям. построение круга Мора по напряжениям на произвольных площадках. Использование круга Мора для определения напряжений по наклонным площадкам и главных напряжений. Применение полюса в графическом решении задачи о п.н.с. |
| 11 | Объемное напряженное состояние | Объемное напряженное состояние. Характеристика объемного напряженного состояния. Тензор напряжений. Обобщенный закон Гука. Относительная объемная деформация. Удельная потенциальная энергия деформации. Энергия изменения объема и энергия изменения формы элемента. Понятие о кругах Мора при объемном напряженном состоянии. |
| 12 | Теории прочности. | Теории прочности для пластичных и хрупких материалов Проверка прочности при сложном напряженном состоянии. Эквивалентные напряжения. Классические теории прочности для хрупких и пластичных материалов. Теория прочности Мора. Понятие о механике трещин. |
| 13 | Чистый сдвиг | Чистый сдвиг Чистый сдвиг. Главные напряжения. Круг Мора. Относительные деформации. Закон Гука при чистом сдвиге. Удельная потенциальная энергия деформации. Условия прочности при чистом сдвиге. Расчеты на срез. |
| 14 | Кручение стержня круглого и кольцевого сечений | Кручение стержня круглого и кольцевого сечений Усилия при кручении. Напряжения и деформации при кручении стержня круглого сечения. Определение углов закручивания. кручение стержней кольцевого сечения. Условия прочности и жесткости. Кручение в упругопластической стадии. Потенциальная энергия деформации при кручении. Расчет цилиндрической пружины с малым шагом витка. |
| 15 | Кручение стержней некруглого сечения | Кручение стержней некруглого сечения Кручение стержня прямоугольного сечения. Определение максимальных напряжений и углов закручивания. Кручение стержней эллиптического и треугольного равнобедренного сечения (основные результаты). |
| 16 | Свободное кручение тонкостенных стержней. | Свободное кручение тонкостенных стержней. Свободное кручение тонкостенных стержней открытого профиля. Кручение тонкой прямоугольной полосы. Мембранная аналогия. Определение максимальных касательных напряжений и углов закручивания. Свободное кручение тонкостенных стержней замкнутого профиля. Закон постоянства потока касательных напряжений. Формула Бредта. Определение жесткости сечения замкнутого профиля. |
| 17 | Усилия при плоском изгибе | Определение усилий при плоском изгибе Виды усилий при изгибе. Определение усилий методом сечений. Правило знаков для поперечной силы и изгибающего момента. Построение эпюр усилий. Дифференциальные зависимости между усилиями и интенсивностью нагрузки. следствия из дифференциальных зависимостей. Примеры решения задач. |
| 18 | Чистый изгиб. Нормальные напряжения при изгибе | Чистый изгиб. Нормальные напряжения при изгибе. Чистый изгиб. Основные допущения теории чистого изгиба. Положение нейтральной оси. Связь кривизны изогнутой оси с изгибающим моментом. Вывод формулы для нормальных напряжений. Эпюра нормальных напряжений. Условие прочности. Рациональные формы поперечных сечений. Балка равного сопротивления изгибу. |

| | | |
|----|--|---|
| 19 | Поперечный изгиб. Касательные напряжения при изгибе. | Поперечный изгиб. Касательные напряжения при изгибе. Характер деформаций при поперечном изгибе стержня. Основные допущения для определения касательных напряжений. Вывод формулы Журавского. Эпюры касательных напряжений для массивных и тонкостенных сечений. Условие прочности. понятие о центре изгиба. |
| 20 | Главные напряжения при поперечном изгибе. Расчет тонкостенных сечений. | Главные напряжения при поперечном изгибе. Балочное напряженное состояние. Определение главных напряжений. Проверка прочности при изгибе в общем случае. Подбор сечения и проверки прочности изгибаемых балок тонкостенного профиля. |
| 21 | Перемещения при плоском изгибе | Дифференциальное уравнение упругой линии балки Вывод дифференциального уравнения упругой линии балки и его интегрирование. Граничные условия. аналитический способ определения перемещений. Метод начальных параметров. |
| 21 | Перемещения при плоском изгибе | Энергетический метод определения перемещений. Формула максвелла-Мора. Обобщенные силы и обобщенные перемещения. Потенциальная энергия деформации при изгибе. Теорема Кастильяно. Формула Максвелла-Мора. Метод Максвелла-Мора для определения перемещений в упругом стержне. Практическое вычисление интегралов Мора. Формула Верещагина. Формула Симпсона. Примеры. |
| 24 | Косой и пространственный изгиб | Косой и пространственный изгиб Усилия и напряжения при косом изгибе. Уравнение нейтральной линии и ее свойства. Эпюра нормальных напряжений. Условие прочности. Подбор прямоугольного и двутаврового сечения. Перемещения при косом изгибе. Пространственный изгиб. Пример расчета. |
| 25 | Внецентренное сжатие -растяжение | Внецентренное сжатие-растяжение стержня большой жесткости. Усилия и напряжения при внецентренном сжатии. Уравнение нейтральной линии и ее построение по отрезкам. Свойства нейтральной линии. Взаимное расположение полюсов и нейтральных линий. построение эпюры нормальных напряжений. Условие прочности. Примеры расчета. Ядро сечения. Свойства ядра сечения. Построение ядра сечения способом нейтральных линий и способом полюсов. Ядро сечения для простейших фигур. Примеры построения ядра сечения для составных сечений. |
| 26 | Совместное действие изгиба и кручения | Совместное действие изгиба и кручения Изгиб с кручением стержня круглого поперечного сечения. Напряженное состояние в опасной точке. Условие прочности через приведенный момент по различным теориям прочности. Определение плоскости действия полного изгибающего момента и положения нейтральной линии. Изгиб с кручением стержня прямоугольного сечения. Характер эпюр напряжений. Выбор опасных точек. Подбор сечения из условия прочности при косом изгибе. Проверки прочности. |
| 27 | Напряжения и перемещения в стержнях с криволинейной осью | Напряжения и перемещения в стержнях с криволинейной осью. Классификация криволинейных стержней. Напряжения при центральном сжатии. Закон изменения относительных деформаций при чистом изгибе. Положение нейтрального слоя. Формула для нормальных напряжений. Определение радиуса кривизны нейтрального слоя. Приближенная формула для смещения |

| | | |
|----|---|---|
| | | нейтрального слоя. Формула для перемещений в стержнях малой кривизны. |
| 28 | Устойчивость центрально-сжатого стержня | Устойчивость центрально-сжатого стержня Понятие об устойчивости форм равновесия. Критерии устойчивости. Понятие о критической нагрузке. Задача Эйлера. Вывод формулы для критической силы. Зависимость критической силы от условий закрепления стержня. Расчетная длина стержня и коэффициент приведения. Критические напряжения. Устойчивость за пределами упругости. формулы Энгессера, Ясинского, Кармана. полный график критических напряжений. Практический расчет на устойчивость по нормам проектирования. Коэффициент продольного изгиба. Подбор сечения, определение допускаемой нагрузки. |
| 29 | Нелинейные задачи расчета гибких стержней | Нелинейные задачи расчета гибких стержней Расчет гибкого внецентренно-сжатого стержня по деформированному состоянию. Зависимость между прогибом и сжимающей силой; между напряжениями и сжимающей силой. пределы применимости решения. Расчет гибкого сжато-изогнутого стержня. Продольно-поперечный изгиб. приближенное решение для прогибов, изгибающих моментов и нормальных напряжений. |
| 30 | Основные принципы и допущения линейной теории упругости | Введение. Основные принципы и допущения теории упругости. Предмет теории упругости. Особенности т.у. в сравнении с сопротивлением материалов. Гипотезы о свойствах идеального материала и о малости деформаций. Принцип независимости действия сил и принцип локальности действия уравновешенных сил. Внешние и внутренние силы. Компоненты напряженного состояния. |
| 31 | Теория напряжений | Теория напряжений Дифференциальные уравнения равновесия. Закон парности касательных напряжений. Напряжения по наклонным площадкам. Условия на поверхности тела. Главные площадки и главные напряжения. Тензор напряжений. Шаровой тензор и девиатор. интенсивность напряжений. |
| 32 | Теория деформаций | Теория деформаций Перемещения и деформации. Зависимость между деформациями и перемещениями (формулы Коши). Уравнения совместности деформаций (условия Сен-Венана). Линейные и угловые деформации по заданным направлениям. Тензор деформации и главные деформации. |
| 33 | Обобщенный закон Гука | Закон Гука в общем случае анизотропного тела. Сокращение числа упругих постоянных для ортотропного и изотропного тела. прямая и обратная формы обобщенного закона Гука для изотропного тела. |
| 34 | Постановка задач теории упругости и методы их решения. | Постановка задач теории упругости и методы их решения Сводка основных уравнений теории упругости. Способы решения задач теории упругости: в напряжениях, в перемещениях и в смешанной форме. Решение задачи теории упругости в перемещениях. Уравнения Лямэ. Решение задачи теории упругости в напряжениях при постоянстве объемных сил. Типы граничных условий на поверхности тела. Теорема единственности. Методы решения задач теории упругости. |
| 35 | Основные уравнения плоской задачи теории упругости | Основные уравнения плоской задачи теории упругости. Плоская деформация. Обобщенное плоское напряженное состояние. Основные уравнения и граничные условия для решения плоской |

| | | |
|----|--|--|
| | | задачи. |
| 36 | Решение плоской задачи теории упругости в напряжениях. | Решение плоской задачи теории упругости в напряжениях. Уравнения плоской задачи т.у. в напряжениях. Уравнение Мориса Леви. Функция напряжений Эри. Бигармоническое уравнение для функции напряжений. Условия на поверхности. Решение плоской задачи для прямоугольной односвязной области в алгебраических полиномах. |
| 37 | Основы теории пластичности | Основы теории пластичности Простейшие задачи теории пластичности. Использование диаграммы Прандтля. Упругопластический изгиб балки. Основы деформационной теории пластичности. Простое нагружение. интенсивности напряжений и деформаций. Критерии пластичности Треска-Сен-Венана и Губера-Мизеса. Физические гипотезы и физические соотношения деформационной теории пластичности. |
| 38 | Основы теории ползучести | Основы теории ползучести Ползучесть и релаксация в твердых телах. Модели вязкоупругих тел. Линейная ползучесть. Наследственная теория ползучести. Теория наследственного старения. Принцип Вольтерра. |

5.2. Практические занятия

| № разд | Наименование раздела и темы практических занятий | Наименование и содержание практических занятий |
|--------|--|--|
| 2 | Усилия и напряжения при центральном сжатии-растяжении | Определение усилий и напряжений при центральном растяжении и сжатии Определение усилий в растянутом-сжатом стержне методом сечений. Вычисление напряжений. Построение эпюр усилий и напряжений. Определение усилий и напряжений от собственного веса. |
| 4 | Расчеты на прочность при растяжении-сжатии. | Расчет на прочность растянутого-сжатого стержня Подбор сечения растянутого-сжатого стержня. Определение допускаемой нагрузки на статически определимую расчетную схему. |
| 5 | Статически неопределимые задачи при растяжении и сжатии | Решение статически неопределимых задач при растяжении-сжатии Расчет статически неопределимого стержня при растяжении-сжатии на силовые и температурные воздействия. Расчет статически неопределимой системы на растяжение-сжатие по упругой стадии деформирования и по предельному пластическому состоянию. |
| 7 | Геометрические характеристики составных сечений | Геометрические характеристики составных сечений. Решение задачи об определении геометрических характеристик сложного несимметричного сечения. |
| 9 | Плоское напряженное состояние | Исследование плоского напряженного состояния Решение задачи о напряжениях по наклонной площадке при плоском напряженном состоянии (аналитически). Решение задачи об определении главных напряжений и положения главных площадок (аналитически). Определение максимальных касательных напряжений. |
| 10 | Графическое представление плоского напряженного состояния. | Решение задач плоского напряженного состояния с помощью кругов Мора. Решение задачи об определении напряжений по наклонной площадке с помощью круга Мора. Решение задачи о главных напряжениях и положении главных площадок с помощью круга Мора. |
| 11 | Объемное напряженное состояние | Анализ плоского напряженного состояния Вычисление линейных, угловых и объемной относительных деформаций при плоском напряженном состоянии. |

| | | |
|----|--|--|
| 12 | Теории прочности. | Проверка прочности при сложном напряженном состоянии Проверка прочности и определение фактического коэффициента запаса для хрупкого и пластичного материала при плоском напряженном состоянии. |
| 14 | Кручение стержня круглого и кольцевого сечений | Подбор сечения сплошного и полого вала при кручении из условий прочности и жесткости Решение задачи о подборе сечения вала при кручении. Построение эпюры крутящих моментов. Подбор сечения сплошного и полого вала из условия прочности; из условия жесткости. Выбор окончательных диаметров вала. Построение эпюры углов закручивания. |
| 15 | Кручение стержней некруглого сечения | кручение стержня прямоугольного сечения Подбор прямоугольного стержня при кручении из условий прочности и жесткости. |
| 17 | Усилия при плоском изгибе | Определение усилий и построение эпюр при изгибе балок Определение реакций опор при различных видах закрепления балки. Вычисление усилий в поперечных сечениях балки при изгибе. Составление аналитических зависимостей для поперечной силы и изгибающего момента. Построение эпюр усилий и их проверка на основе дифференциальных зависимостей. Использование следствий из дифференциальных зависимостей для определения поперечных сил по эпюре моментов и изменения изгибающих моментов по эпюре поперечных сил. Эпюры усилий при нагрузке с линейно меняющейся интенсивностью. |
| 18 | Чистый изгиб. Нормальные напряжения при изгибе | Подбор сечения балок при изгибе Построение эпюр усилий и подбор прямоугольного поперечного сечения балки из условия прочности по нормальным напряжениям. |
| 19 | Поперечный изгиб. Касательные напряжения при изгибе. | Подбор сечения балок при изгибе Проверка прочности в опасных точках с максимальными касательными напряжениями при изгибе балок. Решение задач. |
| 20 | Главные напряжения при поперечном изгибе. Расчет тонкостенных сечений. | Подбор поперечного сечения двутавровой балки Построение эпюр усилий в изгибаемой балке. Подбор поперечного сечения в виде двутавра по сортаменту прокатной стали. Проверки прочности в опасных точках двутаврового сечения. |
| 21 | Перемещения при плоском изгибе | Определение перемещений в балке аналитическим способом Составление и решение дифференциального уравнения изогнутой оси балки. Определение постоянных интегрирования из граничных условий задачи. Вычисление перемещений в заданных сечениях. построение изогнутой оси балки. проверка условия жесткости. |
| 21 | Перемещения при плоском изгибе | Определение перемещений в балке энергетическим методом Построение эпюр изгибающих моментов в балках в грузовом и единичном состояниях. Вычисление интегралов Максвелла-Мора. Использование способов "перемножения" эпюр. Определение линейных и угловых перемещений. |
| 24 | Косой и пространственный изгиб | Подбор сечения балки при косом изгибе Подбор поперечного сечения в виде прямоугольника (двутавра) для балки, работающей в условиях косоугольного (пространственного) изгиба. Определение прогиба и проверка условия жесткости. |
| 25 | Внецентренное сжатие -растяжение | Внецентренное сжатие стержня большой жесткости Внецентренно-сжатый стержень моно-симметричного сечения из |

| | | |
|----|--|---|
| | | хрупкого материала. Определение усилий. Построение нейтральной линии и эпюры напряжений. Определение опасных точек. Определение величины допускаемой нагрузки из условия прочности. Построение ядра сечения. |
| 26 | Совместное действие изгиба и кручения | Расчет пространственного стержня на изгиб с кручением Определение усилий в пространственном стержне и построение эпюр усилий. Подбор круглого сечения стержня при действии кручения и изгиба. Построение нейтральной линии. Проверка прочности. Подбор прямоугольного сечения стержня при кручении с изгибом в двух плоскостях. построение эпюр напряжений. Определение опасных точек. Проверки прочности. |
| 27 | Напряжения и перемещения в стержнях с криволинейной осью | Определение напряжений и перемещений в криволинейном стержне Построение эпюр усилий в стержне с криволинейной осью. Определение положения нейтрального слоя в прямоугольном сечении. Построение эпюры нормальных напряжений. Определение перемещения заданного сечения стержня малой кривизны. |
| 28 | Устойчивость центрально-сжатого стержня | Расчет на устойчивость центрально-сжатых стержней Определение критической силы и допускаемой нагрузки из условия устойчивости центрально-сжатого стержня. Подбор поперечного сечения центрально-сжатого стержня из условия устойчивости. |
| 29 | Нелинейные задачи расчета гибких стержней | Расчет сжато-изогнутых стержней по деформированному состоянию Подбор сечения сжато-изогнутого гибкого стержня с учетом прогибов от продольной силы. |
| 31 | Теория напряжений | Анализ напряженного состояния в окрестности точки Определение компонентов полного напряжения по наклонной площадке по координатным осям. Определение нормального напряжения и проекции касательного напряжения на заданное направление. Определение инвариантов напряженного состояния. Решение кубического уравнения для определения главных напряжений. Определение направляющих косинусов нормалей к главным площадкам решением системы линейных уравнений. Разложение тензора напряжений на шаровой тензор и девiator. |
| 32 | Теория деформаций | Определение деформаций при объемном напряженном состоянии Определение главных линейных деформаций и объемной деформации. Определение линейной деформации по заданному направлению. Определение угла сдвига между заданными направлениями. |
| 33 | Обобщенный закон Гука | Обобщенный закон Гука Определение относительных деформаций через напряжения (прямая форма закона Гука) и напряжений через относительные деформации (обратная форма закона Гука. Определение объемной деформации. |
| 34 | Постановка задач теории упругости и методы их решения. | Формулировка граничных условий на поверхности тела Запись статических и кинематических граничных условий на боковой поверхности пластинки в декартовой системе координат по заданным нагрузкам и связям твердого тела. |
| 34 | Постановка задач теории упругости и методы их решения. | Решение обратной задачи теории упругости Определение нагрузок, приложенных к упругому стержню по заданным функциям компонент перемещений. Использование уравнений Коши, обобщенного закона Гука, граничных условий на поверхности тела. |
| 36 | Решение плоской задачи теории | Изгиб консоли сосредоточенной силой, приложенной на ее конце Решение задачи об изгибе консоли обратным методом в |

| | | |
|----|--|--|
| | упругости в напряжениях. | напряжениях. Сравнение с решением сопротивления материалов. |
| 36 | Решение плоской задачи теории упругости в напряжениях. | Изгиб балки на двух опорах равномерно распределенной нагрузкой Решение задачи об изгибе балки на двух опорах с помощью функции напряжений. Сравнение с решением сопротивления материалов. |
| 36 | Решение плоской задачи теории упругости в напряжениях. | Решение плоской задачи теории упругости с помощью функции напряжений Расчет плоской прямоугольной пластинки при различных вариантах нагрузки и кинематических граничных условий. Задана функция напряжений в виде алгебраического полинома. Проверка условия бигармоничности функции напряжений. Получение выражений для напряжений. Формулировка граничных условий для всех поверхностей контура пластинки, в том числе в интегральной форме. Сравнение с решением сопротивления материалов. |

5.3. Лабораторные работы

| № разд | Наименование раздела и темы лабораторных работ | Наименование и содержание лабораторных работ |
|--------|--|--|
| 3 | Механические характеристики конструкционных материалов | Выполнение лабораторной работы № 1 "Диаграмма растяжения образца из малоуглеродистой стали". |
| 16 | Свободное кручение тонкостенных стержней. | Определение углов закручивания тонкостенных стержней замкнутого профиля Лабораторная работа № 2. Определение углов закручивания стержней. |
| 24 | Косой и пространственный изгиб | Определение перемещений при косом изгибе Выполнение лабораторной работы № 3. Определение перемещений в балке при косом изгибе. |
| 28 | Устойчивость центрально-сжатого стержня | Определение критической силы для центрально-сжатого стержня Лабораторные работы 12, 13, 14. Устойчивость сжатых стержней с различными способами закрепления концов. |

5.4. Самостоятельная работа обучающихся

| № разд | Наименование раздела дисциплины и темы | Содержание самостоятельной работы |
|--------|--|---|
| 1 | Основные понятия, гипотезы и принципы сопротивления материалов | Основные понятия, гипотезы и принципы сопротивления материалов Изучение теоретического материала по теме |
| 2 | Усилия и напряжения при центральном сжатии-растяжении | Изучение теоретического материала по теме. Выполнение задачи 1.1 из КР № 1. |
| 3 | Механические характеристики конструкционных материалов | Механические характеристики материалов Изучение теоретического материала по теме. |
| 4 | Расчеты на прочность при растяжении-сжатии. | Изучение теоретического материала по теме. Решение задачи 1.2 из КР № 1. |
| 5 | Статически | Решение статически неопределимых задач при растяжении-сжатии |

| | | |
|----|--|---|
| | неопределимые задачи при растяжении и сжатии | Изучение теоретического материала по теме занятия. Выполнение задач 1.3 и 1.4 КР № 1. |
| 6 | Основные понятия. Геометрические характеристики простых фигур. | Вычисление геометрических характеристик простейших фигур Изучение теоретического материала по теме. |
| 7 | Геометрические характеристики составных сечений | Геометрические характеристики составных сечений Изучение теоретического материала по теме. Решение задач. |
| 8 | Виды напряженных состояний. Линейное напряженное состояние. | Напряженное состояние в точке тела. изучение теоретического материала по теме. |
| 9 | Плоское напряженное состояние | Плоское напряженное состояние Решение задачи 1.5 КР № 1 (аналитически). |
| 10 | Графическое представление плоского напряженного состояния. | Графическое решение задач о плоском напряженном состоянии Изучение теоретического материала по теме. Выполнение графической части задачи 1.5 РГР № 1. |
| 11 | Объемное напряженное состояние | Объемное напряженное состояние Изучение теоретического материала. Выполнение пунктов задачи 1.5 КР № 1. |
| 12 | Теории прочности. | Проверки прочности при сложном напряженном состоянии. Изучение теоретического материала по теме. Решение пункта задачи 1.5 КР № 1. |
| 13 | Чистый сдвиг | Чистый сдвиг изучение теоретического материала по теме. |
| 14 | Кручение стержня круглого и кольцевого сечений | кручение стержней круглого и кольцевого сечений Изучение теоретического материала по теме. Выполнение задачи 2.1 из КР № 2. |
| 15 | Кручение стержней некруглого сечения | кручение стержней некруглого поперечного сечения Изучение теоретического материала по теме. Выполнение задачи 2.1 КР № 2. |
| 16 | Свободное кручение тонкостенных стержней. | Свободное кручение тонкостенных стержней Изучение теоретического материала по теме. |
| 17 | Усилия при плоском изгибе | Построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов в балках Изучение теоретического материала по теме. Решение задач. Выполнение задания 2,2 из КР № 2. |
| 18 | Чистый изгиб. Нормальные напряжения при изгибе | Нормальные напряжения при изгибе. Подбор сечения изгибаемых балок. Изучение теоретического материала по теме. Решение задачи 2.3 из КР № 2. |
| 19 | Поперечный изгиб. Касательные напряжения при изгибе. | Касательные напряжения при изгибе. проверка прочности. Изучение теоретического материала по теме. Решение задач 2.3, 2.4 из КР № 2. |
| 20 | Главные напряжения при поперечном изгибе. Расчет тонкостенных | Главные напряжения при изгибе. Подбор сечения тонкостенных стержней. Изучение теоретического материала по теме. Выполнение задачи 2.4 |

| | | |
|----|--|---|
| | сечений. | из КР № 2. |
| 21 | Перемещения при плоском изгибе | Определение перемещений в балке аналитическим способом Изучение теоретического материала по теме. Выполнение задачи 3.1 из КР № 3. |
| 21 | Перемещения при плоском изгибе | Определение перемещений методом Максвелла-Мора Изучение теоретического материала по теме. Выполнение задачи 3.1 из КР № 3. |
| 24 | Косой и пространственный изгиб | Косой и пространственный изгиб Изучение теоретического материала по теме. Выполнение задачи 3.2 из КР № 3. |
| 25 | Внецентренное сжатие -растяжение | внецентренное сжатие стержней большой жесткости Изучение теоретического материала по теме. Выполнение задания 3.3 из КР № 3. |
| 26 | Совместное действие изгиба и кручения | Совместное действие изгиба и кручения Изучение теоретического материала по теме. Выполнение задачи 3.4. из КР № 3. |
| 27 | Напряжения и перемещения в стержнях с криволинейной осью | Напряжения и перемещения в стержнях с криволинейной осью Изучение теоретического материала по теме. Решение задач. |
| 28 | Устойчивость центрально-сжатого стержня | Расчет центрально-сжатых стержней на устойчивость изучение теоретического материала по теме. Решение задач 3.5 и 3.6 из КР № 3. |
| 29 | Нелинейные задачи расчета гибких стержней | Продольно-поперечный изгиб гибких стержней Изучение теоретического материала по теме. |
| 30 | Основные принципы и допущения линейной теории упругости | Основные принципы и допущения линейной теории упругости Изучение теоретического материала по теме. |
| 31 | Теория напряжений | Анализ объемного напряженного состояния Изучение теоретического материала по курсу. Решение задачи 4.1 из КР № 4. |
| 32 | Теория деформаций | Теория деформаций Изучение теоретического материала по теме. Решение задачи 4.1 из КР № 4. |
| 33 | Обобщенный закон Гука | Обобщенный закон Гука Изучение теоретического материала по теме. Решение задач. |
| 34 | Постановка задач теории упругости и методы их решения. | Формулировка граничных условий на поверхности тела. Изучение теоретического материала. Решение задачи 4.2 из КР № 4. Определение граничных условий на поверхности тела. |
| 34 | Постановка задач теории упругости и методы их решения. | Решение обратной задачи теории упругости Изучение теоретического материала по теме. Решение задачи 4.3 из КР № 4. Решение обратной задачи теории упругости: определение нагрузок, приложенных к стержню. |
| 35 | Основные уравнения плоской задачи теории упругости | Плоская деформация. Плоское напряженное состояние. Изучение теоретического материала по теме. |
| 36 | Решение плоской задачи теории упругости в напряжениях. | Решение плоской задачи теории упругости в напряжениях Изучение теоретического материала по теме. Выполнение задачи 4.4 из КР № 4. |

6. Методические материалы для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

В объем самостоятельной работы по дисциплине включается следующее:

- изучение теоретических вопросов по всем темам дисциплины;
- подготовка к практическим занятиям;
- решение домашних задач и выполнение РГР;
- подготовка к текущему контролю успеваемости студентов;
- подготовка к зачету с оценкой и экзамену.

Выбор задания на выполнение расчетно-графической (контрольной) работы производится по шифру на основе последних цифр зачетной книжки согласно методическим указаниям по выполнению данных работ.

Выполнению контрольных (расчетно-графических) работ должно предшествовать изучение соответствующих тем теоретического курса по материалам лекций, учебникам, электронным ресурсам. Прежде чем начинать решение задачи, необходимо вычертить в масштабе заданную расчетную схему и указать на ней все исходные числовые данные. Приступая к решению каждой задачи, необходимо уяснить себе исходные данные, содержание каждого из пунктов задания и определить те методы строительной механики и способы решения, которые планируется применить. При проведении расчетов необходимо строго придерживаться принятой системы единиц измерения физических величин (СИ) и согласовывать между собой размерности этих величин.

Все расчетные формулы должны записываться в общепринятых обозначениях, расчетные схемы должны выполняться аккуратно, с включением всех необходимых элементов и обозначений согласно стандартам ЕСКД.

Решение задач необходимо сопровождать краткими пояснениями, всеми необходимыми расчетами и четкими схемами с указанием в необходимых случаях масштабов длин и сил.

Расчетно-графические работы должны быть оформлены на стандартных листах белой бумаги формата А3 (297 x 420) с соблюдением ГОСТ. При оформлении работы в компьютерном варианте допускается использование стандартных листов белой бумаги формата А4 (210x297), если она полностью выполнена на компьютере. На титульном листе обязательно указываются номер и наименование работы, фамилия и инициалы студента и шифр. Образцы оформления стандартных листов даны в приложении к методическим указаниям. Оформление работ на бумаге других форматов не допускается.

7. Оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения дисциплины

| № п/п | Контролируемые разделы дисциплины (модуля) | Код и наименование индикатора контролируемой компетенции | Вид оценочного средства |
|-------|--|--|--|
| 1 | Основные понятия, гипотезы и принципы сопротивления материалов | ОПК-1.2, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.1 | Устный опрос |
| 2 | Усилия и напряжения при центральном сжатии-растяжении | ОПК-1.2, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.1 | Устный опрос, выполнение КР № 1. |
| 3 | Механические характеристики конструкционных материалов | ОПК-1.2, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.1 | Устный опрос, отчет о лабораторной работе. |
| 4 | Расчеты на прочность при растяжении-сжатии. | ОПК-1.2, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.1 | Решение задачи 1.2 КР № 1. |
| 5 | Статически неопределимые задачи при растяжении и сжатии | ОПК-1.2, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.1 | Устный опрос, выполнение КР № 1. |
| 6 | Основные понятия. Геометрические характеристики простых фигур. | ОПК-1.2, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.1 | Устный опрос. Решение задач. |
| 7 | Геометрические характеристики составных сечений | ОПК-1.2, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.1 | Устный опрос, решение задач. |

| | | | |
|----|--|--|--|
| 8 | Виды напряженных состояний. Линейное напряженное состояние. | ОПК-1.2, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.1 | Устный опрос. |
| 9 | Плоское напряженное состояние | ОПК-1.2, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.1 | Устный опрос, выполнение задачи 1.5 КР № 1. |
| 10 | Графическое представление плоского напряженного состояния. | ОПК-1.2, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.1 | Устный опрос, решение задачи 1.5 КР № 1. |
| 11 | Объемное напряженное состояние | ОПК-1.2, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.1 | Устный опрос, решение задач |
| 12 | Теории прочности. | ОПК-1.2, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.1 | Устный опрос, выполнение задачи 1.5 КР № 1. |
| 13 | Чистый сдвиг | ОПК-1.2, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.1 | Устный опрос. |
| 14 | Кручение стержня круглого и кольцевого сечений | ОПК-1.2, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.1 | Устный опрос. Выполнение задачи 2.1 КР № 2 |
| 15 | Кручение стержней некруглого сечения | ОПК-1.2, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.1 | Устный опрос. |
| 16 | Свободное кручение тонкостенных стержней. | ОПК-1.2, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.1 | Устный опрос. Решение задач. |
| 17 | Усилия при плоском изгибе | ОПК-1.2, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.1 | Устный опрос. Решение задач. Выполнение задания 2.2 КР № 2. |
| 18 | Чистый изгиб. Нормальные напряжения при изгибе | ОПК-1.2, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.1 | Устный опрос. Решение задач. Выполнение задач КР № 2. |
| 19 | Поперечный изгиб. Касательные напряжения при изгибе. | ОПК-1.2, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.1 | Устный опрос. Решение задач. Выполнение задач 2.3, 2.4 КР № 2 КР |
| 20 | Главные напряжения при поперечном изгибе. Расчет тонкостенных сечений. | ОПК-1.2, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.1 | Устный опрос. Решение задания 2.4 из КР № 2. |
| 21 | Перемещения при плоском изгибе | ОПК-1.2, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.1 | Устный опрос. Выполнение задания 3.1 КР № 3. |
| 22 | Иная контактная работа | ОПК-1.2, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.1 | |
| 23 | Зачет с оценкой. | ОПК-1.2, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.1 | |
| 24 | Косой и пространственный изгиб | ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-6.11, ОПК-11.1, ОПК-11.3 | Устный опрос. Выполнение задачи 3.2 из Кр № 3. |
| 25 | Внецентренное сжатие-растяжение | ОПК-1.2, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.1 | Устный опрос. Выполнение задачи 3.3 из КР № 3. |
| 26 | Совместное действие изгиба и кручения | ОПК-1.2, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.1 | Устный опрос. Выполнение задачи 3.4 из КР № 3. |
| 27 | Напряжения и перемещения в стержнях с криволинейной осью | ОПК-1.2, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.1 | Устный опрос. Решение задач. |

| | | | |
|----|---|-------------------------------------|--|
| 28 | Устойчивость центрально-сжатого стержня | ОПК-1.2, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.1 | Устный опрос. Выполнение заданий 3.5 и 3.6 из КР № 3. |
| 29 | Нелинейные задачи расчета гибких стержней | ОПК-1.2, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.1 | Устный опрос, решение задач. |
| 30 | Основные принципы и допущения линейной теории упругости | ОПК-1.2, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.1 | Устный опрос. |
| 31 | Теория напряжений | ОПК-1.2, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.1 | Устный опрос. Решение задач из КР № 4. |
| 32 | Теория деформаций | ОПК-1.2, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.1 | Устный опрос. Решение задач из КР № 4. |
| 33 | Обобщенный закон Гука | ОПК-1.2, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.1 | Устный опрос. |
| 34 | Постановка задач теории упругости и методы их решения. | ОПК-1.2, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.1 | Устный опрос. |
| 35 | Основные уравнения плоской задачи теории упругости | ОПК-1.2, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.1 | Устный опрос. |
| 36 | Решение плоской задачи теории упругости в напряжениях. | ОПК-1.2, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.1 | Устный опрос, решение задачи 4.4 из КР № 4 |
| 37 | Основы теории пластичности | ОПК-1.2, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.1 | Устный опрос. |
| 38 | Основы теории ползучести | ОПК-1.2, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.1 | Устный опрос. |
| 39 | Иная контактная работа | ОПК-1.2, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.1 | |
| 40 | Экзамен | ОПК-1.2, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.1 | |

7.2. Типовые контрольные задания или иные материалы текущего контроля успеваемости, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта профессиональной деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения дисциплины

Контрольные задания для самостоятельной работы на практических занятиях.

(для проверки сформированности индикаторов достижения компетенции ОПК-1.2, ОПК-1.4, ОПК-1.5, ОПК-1.7, ОПК-2.1, ОПК-3.1, ОПК-6.17, ОПК-6.18, ОПК-11.1, ОПК-11.6, ОПК-11.13)

3 семестр. Файл Контрольные задачи. Семестр 3.pdf размещен по адресу ЭИОС Moodle <https://moodle.spbgasu.ru/course/index.php?categoryid=8>

4 семестр. Файлы Контрольные задачи. Семестр 4.pdf; Контрольные задания по теории упругости. pdf размещены по адресу ЭИОС <https://moodle.spbgasu.ru/course/view.php?id=2616>

7.3. Система оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю) при проведении текущего контроля успеваемости

| | |
|---------------------------------------|---|
| <p>Оценка «отлично» (зачтено)</p> | <p>знания:</p> <ul style="list-style-type: none"> - систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам дисциплины, а также по основным вопросам, выходящим за пределы учебной программы; - точное использование научной терминологии, систематически грамотное и логически правильное изложение ответа на вопросы; - полное и глубокое усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой по дисциплине (модулю) <p>умения:</p> <ul style="list-style-type: none"> - умеет ориентироваться в теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку, используя научные достижения других дисциплин <p>навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> - высокий уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций; - владеет навыками самостоятельно и творчески решать сложные проблемы и нестандартные ситуации; - применяет теоретические знания для выбора методики выполнения заданий; - грамотно обосновывает ход решения задач; - безусловно владеет инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке научных и практических задач; - творческая самостоятельная работа на практических/семинарских/лабораторных занятиях, активно участвует в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий |
| <p>Оценка «хорошо» (зачтено)</p> | <p>знания:</p> <ul style="list-style-type: none"> - достаточно полные и систематизированные знания по дисциплине; - усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой по дисциплине (модулю) <p>умения:</p> <ul style="list-style-type: none"> - умеет ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку; - использует научную терминологию, лингвистически и логически правильно излагает ответы на вопросы, умеет делать обоснованные выводы; - владеет инструментарием по дисциплине, умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач <p>навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> - самостоятельная работа на практических занятиях, участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий; - средний уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций; - без затруднений выбирает стандартную методику выполнения заданий; - обосновывает ход решения задач без затруднений |

| | |
|--|---|
| <p>Оценка «удовлетворительно» (зачтено)</p> | <p>знания: - достаточный минимальный объем знаний по дисциплине; - усвоение основной литературы, рекомендованной рабочей программой; - использование научной терминологии, стилистическое и логическое изложение ответа на вопросы, умение делать выводы без существенных ошибок умения: - умеет ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по дисциплине и давать им оценку; - владеет инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении типовых задач; - умеет под руководством преподавателя решать стандартные задачи навыки: - работа под руководством преподавателя на практических занятиях, допустимый уровень культуры исполнения заданий; - достаточный минимальный уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций; - испытывает затруднения при обосновании алгоритма выполнения заданий</p> |
| <p>Оценка «неудовлетворительно» (не зачтено)</p> | <p>знания: - фрагментарные знания по дисциплине; - отказ от ответа (выполнения письменной работы); - знание отдельных источников, рекомендованных рабочей программой по дисциплине; умения: - не умеет использовать научную терминологию; - наличие грубых ошибок навыки: - низкий уровень культуры исполнения заданий; - низкий уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций; - отсутствие навыков самостоятельной работы; - не может обосновать алгоритм выполнения заданий</p> |

7.4. Теоретические вопросы и практические задания для проведения промежуточной аттестации обучающихся, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта профессиональной деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

7.4.1. Теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации обучающихся (для проверки сформированности индикаторов достижения компетенции ОПК-1.2, ОПК-1.4, ОПК-1.5, ОПК-1.7, ОПК-2.1, ОПК-3.1, ОПК-6.17, ОПК-6.18, ОПК-11.1, ОПК-11.6, ОПК-11.13)

3 семестр. Сопротивление материалов

1. Предмет сопротивления материалов. Виды деформаций.
2. Свойства идеального материала. Идеализация геометрической формы.
3. Классификация нагрузок.
4. Метод сечений и внутренние силы. Усилия в сечении стержня.
5. Понятие о напряжениях. Нормальные, касательные и полные напряжения.
6. Принцип независимости действия сил. Принцип Сен-Венана.
7. Определение усилий при растяжении-сжатии стержня.
8. Абсолютные и относительные деформации. Законы Гука и Пуассона.
9. Определение нормальных напряжений при растяжении-сжатии.
10. Растяжение стержня собственным весом. Стержень равного сопротивления.
11. Потенциальная энергия упругой деформации при растяжении-сжатии.
12. Основные виды материалов по характеру разрушения. Назначение механических

испытаний.

13. Диаграмма растяжения малоуглеродистой стали и ее основные характеристики.

Диаграмма условных напряжений.

14. Характеристики прочности, пластичности и упругости. Явление наклепа.

15. Диаграмма сжатия стали. Диаграммы сжатия-растяжения иных пластичных материалов.

Условный предел текучести.

16. Диаграммы сжатия-растяжения хрупких материалов и их прочностные характеристики.

17. Ползучесть и релаксация напряжений. Концентрация напряжений.

18. Понятие об опасных напряжениях для пластичных и хрупких материалов. Метод расчета по допускаемым напряжениям.

19. Условие прочности при растяжении-сжатии. Три типа задач на прочность.

20. Метод расчета по предельным состояниям. нормативные и расчетные сопротивления материала. Условие прочности.

21. Условие жесткости при растяжении-сжатии.

22. Понятие о статически неопределимой задаче. Группы уравнений для решения статически неопределимой задачи.

23. Определение усилий в статически неопределимой стержневой системе при упругой работе материала. Расчет на прочность по упругой стадии деформирования.

24. Расчет при растяжении-сжатии по предельному пластическому состоянию.

25. Особенности расчета статически неопределимых систем на изменение температуры и неточность изготовления ее элементов.

26. Понятие об основных геометрических характеристиках плоской фигуры. Статические моменты, осевые, центробежные и полярные моменты инерции. моменты сопротивления. Радиусы инерции.

27. Вычисление геометрических характеристик простейших сечений: прямоугольник, круг, кольцо.

28. Теоремы о моментах инерции при параллельном переносе осей и при повороте системы осей.

29. Определение геометрических характеристик составных сечений на основе теорем о моментах инерции.

30. Понятие о напряженном состоянии в точке твердого тела. Характеристика видов напряженных состояний. Главные напряжения и главные площадки.

31. Линейное напряженное состояние. Определение напряжений по наклонной площадке.

32. Напряжения по наклонным площадкам при плоском напряженном состоянии. Закон парности касательных напряжений.

33. Определение главных напряжений и положения главных площадок. Максимальные касательные напряжения.

34. Уравнения круга Мора при плоском напряженном состоянии. Построение круга Мора по главным напряжениям.

35. Построение круга Мора по напряжениям на произвольных площадках. Использование круга Мора для определения напряжений по наклонным площадкам и главных напряжений.

36. Характеристика объемного напряженного состояния. Тензор напряжений. Обобщенный закон Гука. Относительная объемная деформация.

37. Относительная объемная деформация. Удельная потенциальная энергия деформации. Энергия изменения объема и энергия изменения формы элемента.

38. Проверка прочности при сложном напряженном состоянии. Эквивалентные напряжения.

39. Классические теории прочности для хрупких и пластичных материалов.

40. Теория прочности Мора. Понятие о механике трещин.

41. Чистый сдвиг. Главные напряжения. Круг Мора. Относительные деформации. Закон Гука при чистом сдвиге.

42. Удельная потенциальная энергия деформации и условия прочности при чистом сдвиге. Расчеты на срез.

43. Усилия при кручении. Напряжения и деформации при кручении стержня круглого сечения. Определение углов закручивания.

44. Кручение стержней кольцевого сечения. Условия прочности и жесткости.

45. Потенциальная энергия деформации при кручении. Расчет цилиндрической пружины с малым шагом витка.
46. Кручение стержня прямоугольного сечения. Определение максимальных напряжений и углов закручивания.
47. Свободное кручение тонкостенных стержней открытого профиля. Кручение тонкой прямоугольной полосы. Мембранная аналогия.
48. Свободное кручение тонкостенных стержней замкнутого профиля. Закон постоянства потока касательных напряжений. Формула Бредта. Определение жесткости.
49. Виды усилий при изгибе. Определение усилий методом сечений. Правило знаков для поперечной силы и изгибающего момента. Построение эпюр усилий.
50. Дифференциальные зависимости между усилиями и интенсивностью нагрузки. следствия из дифференциальных зависимостей.
51. Чистый изгиб. Основные допущения теории чистого изгиба. Положение нейтральной оси.
52. Связь кривизны изогнутой оси с изгибающим моментом. Вывод формулы для нормальных напряжений.
53. Условие прочности при чистом изгибе. Рациональные формы поперечных сечений. Балка равного сопротивления изгибу.
54. Характер деформаций при поперечном изгибе стержня. Основные допущения для определения касательных напряжений. Вывод формулы Журавского.
55. Эпюры касательных напряжений для массивных и тонкостенных сечений. Условие прочности. Понятие о центре изгиба.
56. Балочное напряженное состояние. Определение главных напряжений.
57. Подбор сечения и проверки прочности изгибаемых балок тонкостенного профиля.

4 семестр. Сопротивление материалов, основы теории упругости и пластичности.

1. Дифференциальное уравнение изогнутой оси и его интегрирование. Определение произвольных постоянных.
2. Аналитический способ определения перемещений. Метод начальных параметров.
3. Обобщенные силы и обобщенные перемещения. Вычисление потенциальной энергии деформации при изгибе. Теорема Клапейрона.
4. Теорема Кастильяно. Формула Максвелла-Мора. Метод Максвелла-Мора для определения перемещений в упругом стержне.
5. Практическое вычисление интегралов Мора. Формула Верещагина. Формула Симпсона.
6. Усилия и напряжения при косом изгибе. Уравнение нейтральной линии и ее свойства. Эпюра нормальных напряжений. Условие прочности.
7. Подбор прямоугольного и двутаврового сечения. Перемещения при косом изгибе. Пространственный изгиб.
8. Усилия и напряжения при внецентренном сжатии. Уравнение нейтральной линии и ее построение по отрезкам. Свойства нейтральной линии.
9. Взаимное расположение полюсов и нейтральных линий. Эпюры нормальных напряжений и условие прочности при внецентренном сжатии.
10. Ядро сечения. Свойства ядра сечения. Построение ядра сечения способом нейтральных линий и способом полюсов. Ядро сечения для простейших фигур.
11. Изгиб с кручением стержня круглого поперечного сечения. Условия прочности по приведенным моментам.
12. Изгиб с кручением стержня прямоугольного сечения. Характер эпюр напряжений. подбор сечения и проверки прочности.
13. Классификация криволинейных стержней. Напряжения при центральном сжатии.
14. Изгиб криволинейного стержня. Формула для нормальных напряжений. Приближенная формула для смещения нейтрального слоя.
15. Формула для перемещений в стержнях малой кривизны.
16. Понятие об устойчивости форм равновесия. Критерии устойчивости. Понятие о критической нагрузке.
17. Задача Эйлера. Вывод формулы для критической силы. Зависимость критической силы

от условий закрепления стержня.

18. Расчетная длина стержня и коэффициент приведения. Критические напряжения.

19. Устойчивость за пределами упругости. формулы Энгессера, Ясинского, Кармана. полный график критических напряжений.

20. Практический расчет на устойчивость по нормам проектирования. Коэффициент продольного изгиба.

21. Расчет гибкого внецентренно-сжатого стержня по деформированному состоянию.

Пределы применимости решения.

22. Продольно-поперечный изгиб гибкого стержня. Приближенное решение для прогибов и напряжений,

23. Основные принципы и допущения линейной теории упругости.

24. Дифференциальные уравнения равновесия. Закон парности касательных напряжений.

Напряжения по наклонным площадкам. Условия на поверхности тела.

25. Главные площадки и главные напряжения. Тензор напряжений. Шаровой тензор и девиатор. интенсивность напряжений.

26. Перемещения и деформации. Зависимость между деформациями и перемещениями (формулы Коши).

27. Уравнения совместности деформаций (условия Сен-Венана).

28. Линейные и угловые деформации по заданным направлениям. Тензор деформации и главные деформации.

29. Закон Гука в общем случае анизотропного тела.

30. Прямая и обратная формы обобщенного закона Гука для изотропного тела.

31. Способы решения задач теории упругости: в напряжениях, в перемещениях и в смешанной форме.

32. Решение задачи теории упругости в перемещениях. Уравнения Лямэ.

33. Решение задачи теории упругости в напряжениях при постоянстве объемных сил.

34. Типы граничных условий на поверхности тела.

35. Теорема единственности. Методы решения задач теории упругости.

36. Плоская деформация. Обобщенное плоское напряженное состояние.

37. Основные уравнения и граничные условия для решения плоской задачи.

38. Уравнения плоской задачи т.у. в напряжениях. Уравнение Мориса Леви.

39. Функция напряжений Эри. Бигармоническое уравнение для функции напряжений.

Условия на поверхности.

40. Решение плоской задачи для прямоугольной односвязной области в алгебраических полиномах.

41. Простейшие задачи теории пластичности. Использование диаграммы Прандтля.

42. Упруго-пластический изгиб балки.

43. Простое нагружение. интенсивности напряжений и деформаций.

44. Критерии пластичности Треска-Сен-Венана и Губера-Мизеса.

45. Физические гипотезы и физические соотношения деформационной теории пластичности.

46. Ползучесть и релаксация в твердых телах. Модели вязкоупругих тел.

47. Линейная ползучесть. Наследственная теория ползучести.

48. Теория наследственного старения.

49. Принцип Вольтерра.

7.4.2. Практические задания для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Практические задания (задачи) для проведения промежуточной аттестации (экзамена).

(для проверки сформированности индикаторов достижения компетенции ОПК-1.2, ОПК-1.4, ОПК-1.5, ОПК-1.7, ОПК-2.1, ОПК-3.1, ОПК-6.17, ОПК-6.18, ОПК-11.1, ОПК-11.6, ОПК-11.13)

Семестр 3. Файлы Примеры экзаменационных задач сем. 3.pdf, Контрольные тесты сем. 3.pdf размещены по адресу ЭИОС Moodle <https://moodle.spbgasu.ru/course/index.php?categoryid=8>

Семестр 4. Файлы Примеры экзаменационных задач сем. 4.pdf, Контрольные тесты сем. 4.pdf размещены по адресу ЭИОС Moodle <https://moodle.spbgasu.ru/course/index.php?categoryid=8>

7.4.3. Примерные темы курсовой работы (проекта) (при наличии)

Курсовые проекты (работы) учебным планом не предусмотрены.

7.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта профессиональной деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций

Процедура проведения промежуточной аттестации и текущего контроля успеваемости регламентируется локальным нормативным актом, определяющим порядок организации и проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Процедура оценивания формирования компетенций при проведении текущего контроля приведена в п. 7.2.

Типовые контрольные задания или иные материалы текущего контроля приведены в п. 7.3.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета с оценкой и экзамена.

Процедура проведения промежуточной аттестации и текущего контроля успеваемости.

(для проверки сформированности индикаторов достижения компетенции ОПК-1.2, ОПК-1.4, ОПК-1.5, ОПК-1.7, ОПК-6.18)

1. Процедура оценивания формирования компетенций при проведении текущего контроля.

1.1. Самостоятельная работа на практических занятиях и удаленно по решению контрольных задач.

Перечень контрольных задач приведен в разделе ФОС/Типовые контрольные задания...

1.2. Выполнение контрольных работ согласно утвержденным методическим указаниям. (ЛЗ.1, ЛЗ.2)

Перечень контрольных работ:

3 семестр. (ЛЗ.1)

КР № 1.

Задача 1.1. Определение усилий, напряжений и деформаций в статически определимом стержне при осевых нагрузках.

Задача 1.2 (3). Расчет на прочность статически определимого стержня при растяжении-сжатии.

Задача 1.3. (4) Расчет статически неопределимого стержня при растяжении-сжатии на силовые и температурные воздействия.

Задача 1.4. (5) Расчет статически неопределимой системы на растяжение-сжатие по упругой стадии деформирования и по предельному пластическому состоянию.

Задача 1.5. (7) Исследование плоского напряженного состояния в точке тела.

КР № 2.

Задача 2.1. (10) Подбор сечения сплошного и полого вала при кручении из условий прочности и жесткости.

Задача 2.2. (14,15) Построение эпюр усилий в изгибаемых балках.

Задача 2.3. (16) Подбор сплошного и сквозного сечений балки прямоугольного профиля из условия прочности.

Задача 2.4. (17) Подбор двутаврового сечения балки из условия прочности.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета с оценкой.

В материалы аттестации включен тест по теоретической части и практическое задание (задача), соответствующее содержанию формируемых компетенций.

Примеры практических заданий приведены в разделе ФОС/ Практические задания для проведения промежуточной аттестации.

Перечень теоретических вопросов приведен в разделе ФОС/ Теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации.

4 семестр. (ЛЗ.1, ЛЗ.2)

КР № 2.

Задача 2.5. (20) Определение перемещений в изгибаемом стержне.

КР № 3.

- Задача 3.1. (28) Определение напряжений и перемещений при косом изгибе.
 Задача 3.2. (29) Расчет внецентренно-сжатого жесткого стержня.
 Задача 3.3. (32) Расчет вала на изгиб с кручением.
 Задача 3.4. (27) Определение напряжений и перемещений в криволинейном стержне.
 Задача 3.5. (35) Подбор сечения центрально-сжатого стержня из условия устойчивости.

КР № 4.

- Задача 4.1. Анализ объемного напряженного состояния.
 Задача 4.2. Определение граничных условий на поверхности тела.
 Задача 4.3. Решение обратной задачи теории упругости: определение нагрузок, приложенных к стержню.
 Задача 4.4. Решение плоской задачи теории упругости с помощью функции напряжений.

В экзаменационный билет включено 2 теоретических вопроса и практическое задание (задача), соответствующее содержанию формируемых компетенций.

Экзамен проводится в устной форме. На подготовку по экзаменационному билету отводится 60 мин.

Примеры практических заданий приведены в разделе ФОС/ Практические задания для проведения промежуточной аттестации.

Перечень теоретических вопросов приведен в разделе ФОС/ Теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации.

7.6. Критерии оценивания сформированности компетенций при проведении промежуточной аттестации

| Критерии оценивания | Уровень освоения и оценка | | | |
|---------------------|--|--|--|--|
| | Оценка «неудовлетворительно» | Оценка «удовлетворительно» | Оценка «хорошо» | Оценка «отлично» |
| | «не зачтено» | «зачтено» | | |
| | Уровень освоения компетенции «недостаточный». Компетенции не сформированы. Знания отсутствуют, умения и навыки не сформированы | Уровень освоения компетенции «пороговый». Компетенции сформированы. Сформированы базовые структуры знаний. Умения фрагментарны и носят репродуктивный характер. Демонстрируется низкий уровень самостоятельности практического навыка. | Уровень освоения компетенции «продвинутый». Компетенции сформированы. Знания обширные, системные. Умения носят репродуктивный характер, применяются к решению типовых заданий. Демонстрируется достаточный уровень самостоятельности устойчивого практического навыка. | Уровень освоения компетенции «высокий». Компетенции сформированы. Знания аргументированные, всесторонние. Умения успешно применяются к решению как типовых, так и нестандартных творческих заданий. Демонстрируется высокий уровень самостоятельности, высокая адаптивность практического навыка |

| | | | | |
|--------|---|--|--|--|
| знания | <p>Обучающийся демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> -существенные пробелы в знаниях учебного материала; -допускаются принципиальные ошибки при ответе на основные вопросы билета, отсутствует знание и понимание основных понятий и категорий; -непонимание сущности дополнительных вопросов в рамках заданий билета. | <p>Обучающийся демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> -знания теоретического материала; -неполные ответы на основные вопросы, ошибки в ответе, недостаточное понимание сущности излагаемых вопросов; -неуверенные и неточные ответы на дополнительные вопросы. | <p>Обучающийся демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> -знание и понимание основных вопросов контролируемого объема программного материала; - знания теоретического материала -способность устанавливать и объяснять связь практики и теории, выявлять противоречия, проблемы и тенденции развития; -правильные и конкретные, без грубых ошибок, ответы на поставленные вопросы. | <p>Обучающийся демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> -глубокие, всесторонние и аргументированные знания программного материала; -полное понимание сущности и взаимосвязи рассматриваемых процессов и явлений, точное знание основных понятий, в рамках обсуждаемых заданий; -способность устанавливать и объяснять связь практики и теории, -логически последовательные, содержательные, конкретные и исчерпывающие ответы на все задания билета, а также дополнительные вопросы экзаменатора. |
| умения | <p>При выполнении практического задания билета обучающийся продемонстрировал недостаточный уровень умений. Практические задания не выполнены. Обучающийся не отвечает на вопросы билета при дополнительных наводящих вопросах преподавателя.</p> | <p>Обучающийся выполнил практическое задание билета с существенными неточностями. Допускаются ошибки в содержании ответа и решении практических заданий. При ответах на дополнительные вопросы было допущено много неточностей.</p> | <p>Обучающийся выполнил практическое задание билета с небольшими неточностями. Показал хорошие умения в рамках освоенного учебного материала. Предложенные практические задания решены с небольшими неточностями. Ответил на большинство дополнительных вопросов.</p> | <p>Обучающийся правильно выполнил практическое задание билета. Показал отличные умения в рамках освоенного учебного материала. Решает предложенные практические задания без ошибок. Ответил на все дополнительные вопросы.</p> |

| | | | | |
|--------------------------|--|---|---|--|
| <p>владение навыками</p> | <p>Не может выбрать методику выполнения заданий. Допускает грубые ошибки при выполнении заданий, нарушающие логику решения задач. Делает некорректные выводы. Не может обосновать алгоритм выполнения заданий.</p> | <p>Испытывает затруднения по выбору методики выполнения заданий. Допускает ошибки при выполнении заданий, нарушения логики решения задач. Испытывает затруднения с формулированием корректных выводов. Испытывает затруднения при обосновании алгоритма выполнения заданий.</p> | <p>Без затруднений выбирает стандартную методику выполнения заданий. Допускает ошибки при выполнении заданий, не нарушающие логику решения задач. Делает корректные выводы по результатам решения задачи. Обосновывает ход решения задач без затруднений.</p> | <p>Применяет теоретические знания для выбора методики выполнения заданий. Не допускает ошибок при выполнении заданий. Самостоятельно анализирует результаты выполнения заданий. Грамотно обосновывает ход решения задач.</p> |
|--------------------------|--|---|---|--|

Оценка по дисциплине зависит от уровня сформированности компетенций, закрепленных за дисциплиной, и представляет собой среднее арифметическое от выставленных оценок по отдельным результатам обучения (знания, умения, владение навыками).

Оценка «отлично»/«зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 4,5 до 5,0.

Оценка «хорошо»/«зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 3,5 до 4,4.

Оценка «удовлетворительно»/«зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 2,5 до 3,4.

Оценка «неудовлетворительно»/«не зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 0 до 2,4.

8. Учебно-методическое и материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

8.1. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

| № п/п | Автор, название, место издания, издательство, год издания учебной и учебно-методической литературы | Количество экземпляров/электронный адрес ЭБС |
|-----------------------------------|--|---|
| <u>Основная литература</u> | | |
| 1 | Ледовской И. В., Теория упругости. Часть 1, , 2012 | http://www.iprbookshop.ru/19044.html |
| 2 | Ледовской И. В., Роцин В. В., Халецкая О. Б., Шульман Г. С., Теория упругости. Часть 2, , 2012 | http://www.iprbookshop.ru/19045.html |
| 3 | Александров А. В., Потапов В. Д., Державин Б. П., Сопротивление материалов в 2 ч. Часть 1, Москва: Юрайт, 2023 | https://urait.ru/bcode/511437 |
| 1 | Кальмова М. А., Теория упругости, Самара: Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2019 | https://www.iprbooks.hop.ru/111596.html |

Обучающиеся из числа инвалидов и лиц с ОВЗ обеспечиваются печатными и (или) электронными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

8.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

| Наименование ресурса сети «Интернет» | Электронный адрес ресурса |
|---|---------------------------|
| Сайт Российской государственной библиотеки | www.rsl.ru |
| Единый электронный ресурс учебно-методической литературы СПбГАСУ http://www.spbgasu.ru/Universitet/Biblioteka/Informacionnye_resursy/ | www.spbgasu.ru |
| Система дистанционного обучения СПбГАСУ Moodle | https://moodle.spbgasu.ru |
| Электронно-библиотечная система издательства "IPRbooks" | http://www.ipbookshop.ru |

8.3. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

| Наименование | Электронный адрес ресурса |
|--|--|
| Электронно-библиотечная система издательства "Лань" | https://e.lanbook.com/ |
| Электронная библиотека Ирбис 64 | http://ntb.spbgasu.ru/irbis64r_plus/ |
| Электронно-библиотечная система издательства "IPRsmart" | http://www.iprbookshop.ru/ |
| Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU | Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU |
| Российская государственная библиотека | www.rsl.ru |
| Единый электронный ресурс учебно-методической литературы СПбГАСУ | www.spbgasu.ru |
| Система дистанционного обучения СПбГАСУ Moodle | https://moodle.spbgasu.ru/ |

8.4. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

| Наименование | Способ распространения (лицензионное или свободно распространяемое) |
|-------------------------|--|
| Math Cad версия 15 | Сублицензионное соглашение на использование продуктов "РТС" с ООО "Софт Лоджистик" договор №20716/SPB9 2010 г. Лицензия бессрочная |
| Ansys | Сублицензионный договор №1976-ПО/2017-СЗФО от 16.10.2017 г. с ЗАО "КАДФЕМ Си-Ай-Эс". Лицензия бессрочная |
| Лира | Соглашение о сотрудничестве №СС002 от 12.11.2013 с ООО "ЛИРА софт". Лицензия бессрочная |
| Scad Office версия 21 | SCAD Office договор №113 от 13.03.2015 с ООО "Автоматизация Проектных работ". Лицензия бессрочная |
| NanoCAD BIM Конструкции | Сертификат с 14.09.2022 |

8.5. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Сведения об оснащённости учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы

| Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы | Оснащённость оборудованием и техническими средствами обучения |
|--|---|
| 59. Учебные аудитории для проведения практических занятий, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации | Учебная аудитория для проведения практических занятий, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации – комплект мультимедийного оборудования (персональный компьютер, мультимедийный проектор, экран, аудиосистема), доска, комплект учебной мебели, подключение к компьютерной сети СПбГАСУ, выход в Интернет. |
| 59. Межкафедральная лаборатория: Секция В 2-я Красноармейская ул. д. 4 Ауд. № 15 | Установка для испытаний на ударную вязкость TIME XJ-50Z; Копер маятниковый TIME JB-W300; Малый маятник к копру 150Дж; Прибор для измерения твердости по методу микро-виккерса; Прибор для измерения твердости по методам Роквелла, Бринелля и Виккерса; Учебный стенд «Устойчивость продольно сжатого стержня»; Учебный стенд «Косой изгиб балки»; Учебный стенд «Кручение балки»; Учебный стенд «Определение перемещений в плоских рамах»; Учебный стенд «Определение перемещений в прямой балке»; Учебный стенд «Напряжения в плоских фермах» |
| 59. Помещения для самостоятельной работы | Помещение для самостоятельной работы (читальный зал библиотеки, ауд. 217): ПК-23 шт., в т.ч. 1 шт.- ПК для лиц с ОВЗ (системный блок, монитор, клавиатура, мышь) с подключением к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду СПбГАСУ. |
| 59. Учебные аудитории для проведения лекционных занятий | Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, комплект мультимедийного оборудования (персональный компьютер, мультимедийный проектор, экран, аудиосистема), доска, экран, комплект учебной мебели, подключение к компьютерной сети СПбГАСУ, выход в Интернет. |

Для инвалидов и лиц с ОВЗ обеспечиваются специальные условия для получения образования в соответствии с требованиями нормативно-правовых документов.