

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПОВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ



УТВЕРЖДАЮ
Директор ИММ

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

07.02.2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б.1.1.16 Сопротивление материалов

(код и наименование дисциплины по учебному плану)

Направление подготовки (специальность) 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов

Квалификация выпускника Бакалавр
(бакалавр/магистр/специалист)

Направленность Нефтепродуктообеспечение и газоснабжение

Курс 2, 3
Семестр 4, 5

Распределение учебного времени

Трудоемкость по учебному плану	144 / 4	часов/зачетных единиц
Лекции	2	часов
Лабораторные работы	2	часов
Практические занятия	2	часов
Иная контактная работа	-	часов
Всего контактной работы (без учета экз.)	6	часов
Контактная работа по экзамену	6	часов
Курсовой проект (работа)	-	семестр
Самостоятельная работа обучающихся (без учета экз.)	102	часов
Самостоятельная работа по подготовке к экзамену	30	часов
Экзамен	5	семестр
Зачет	-	семестр
БРК, ДЗ	-	семестр

(год)

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО направления подготовки (специальности) 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов

Программу составили:

доцент с ученой степенью кандидата наук	СМиПМ	СОГЛАСОВАНО	О.Г. Иванов
(должность)	(кафедра)		(И.О. Фамилия)

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

25.01.2023	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	Д.В. Костромин
		(И.О. Фамилия)

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

СОГЛАСОВАНО	Д.В. Костромин
	(И.О. Фамилия)

Эксперт(ы): Еремеев Владимир Викторович, Главный инженер Марийского районного
нефтепроводного управления АО «Транснефть – Верхняя Волга».

Рабочая программа проверена и зарегистрирована в УМЦ 01.03.2023 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 Способен применять естественнонаучные и инженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Применяет математический аппарат, методы математического анализа и моделирования для решения задач профессиональной деятельности	знания: Знает методы математического анализа и моделирования для решения задач профессиональной деятельности умения: Умеет применять методы математического анализа и моделирования для решения задач профессиональной деятельности навыки: Владеет методами математического анализа и моделирования для решения задач профессиональной деятельности
	ОПК-1.2 Применяет естественнонаучные и/или инженерные знания для решения задач профессиональной деятельности	знания: Имеет естественнонаучные и/или инженерные знания для решения задач профессиональной деятельности умения: Умеет применять естественнонаучные и/или инженерные знания для решения задач профессиональной деятельности навыки: Применяет естественнонаучные и/или инженерные знания для решения задач профессиональной деятельности
2. ОПК-5 Способен принимать обоснованные технические решения, выбирать эффективные и безопасные технические средства и технологии при решении задач профессиональной деятельности	ОПК-5.1 Способен обосновывать технические решения задач профессиональной деятельности	знания: Знает методы математического анализа и моделирования для решения задач профессиональной деятельности умения: Умеет применять методы математического анализа и моделирования для решения задач профессиональной деятельности навыки: Владеет методами математического анализа и моделирования для решения задач профессиональной деятельности
	ОПК-5.2 Выбирает эффективные и безопасные технические средства и технологии при решении задач профессиональной деятельности	знания: Знает эффективные и безопасные технические средства и технологии при решении задач профессиональной деятельности умения: Умеет применять эффективные и безопасные технические средства и технологии при решении задач профессиональной деятельности навыки: Имеет навыки выбора эффективных и безопасных технических средств и технологии при решении задач профессиональной деятельности

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: Математика (ОПК-1), Физика (ОПК-1), Химия (ОПК-1), Теоретическая механика (ОПК-1), Теоретическая механика (ОПК-5), Теория механизмов и машин (ОПК-1); практик: Учебная практика. Ознакомительная практика (ОПК-5), Учебная практика. Ознакомительная практика (ОПК-1)

Изучаемая дисциплина является основой для продолжения формирования указанных компетенций в следующих дисциплинах: Теплотехника (ОПК-1), Гидравлика (ОПК-5), Основы конструирования (ОПК-5), Технология конструкционных материалов и материаловедение (ОПК-1); государственной итоговой аттестации в форме: Выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы (ОПК-1), Выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы (ОПК-5)

Раздел 3. ОПИСАНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

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

Основными стратегическими технологиями являются: лекционные занятия, практические занятия, процедуры самообучения

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

Раздел 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4 семестр

Виды и темы занятий	Количество часов	Формируемые компетенции
Расчёты на прочность и жёсткость при растяжении-сжатии и кручении	72	ОПК-1
Лекция. Предмет, цели и задачи курса «Сопротивление материалов». Растяжение - сжатие. Кручение стержня круглого поперечного сечения.	2	
Лабораторная работа. Расчёты на прочность и жёсткость при растяжении-сжатии и кручении	2	

<p>Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение КР, РГР</p> <p>1. Изучение материала лекций и подготовка к практическим занятиям.</p> <p>2. Конспектирование тем, вынесенных на самостоятельное изучение:</p> <p>- Предмет, цели и задачи курса «Сопротивление материалов». Основные понятия: прочность, жесткость, устойчивость. Расчетная схема (модель) конструкции. Геометрические модели: стержень, пластинка, оболочка, массив. Схематизация структуры и свойств материала. Упругость, пластичность и ползучесть. Классификация внешних сил. Метод сечений. Напряжение полное, нормальное и касательное. Перемещения и деформации. Деформированное состояние в точке. Основные принципы.</p> <p>- Растяжение - сжатие. Перемещения и деформации. Деформации продольные и поперечные. Коэффициент Пуассона. Напряжения в поперечных и наклонных сечениях. Закон Гука. Модуль упругости. Расчёт упругих перемещений.</p> <p>- Механические свойства материалов. Характеристики прочности и пластичности. Диаграмма растяжения. Влияние высоких и низких температур на механические свойства. Ползучесть и релаксация напряжений. Основы расчёта на прочность и жёсткость. Условия прочности по допускаемым напряжениям и по предельным нагрузкам. Оценка жёсткости.</p> <p>- Напряжённое состояние чистый сдвиг. Закон Гука при сдвиге. Модуль сдвига. Кручение стержня круглого поперечного сечения. Формулы для касательных напряжений и углов закручивания. Условия прочности и жёсткости. Результаты кручения стержней некруглого сечения. Гидродинамическая и мембранная аналогии.</p> <p>3. Выполнение расчетно-проектировочного задания: «Расчёты на прочность и жёсткость при растяжении-сжатии и кручении»;</p> <p>4. Подготовка к текущему контролю: выполнение контрольной работы.</p>	68	
Иная контактная работа:	0	

5 семестр

Виды и темы занятий	Количество часов	Формируемые компетенции
Расчёты на прочность при изгибе. Сложное сопротивление.	36	ОПК-1
Практическое занятие. Расчёты на прочность и жёсткость при изгибе.	2	

Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение КР, РГР	
1. Изучение материала лекций и подготовка к практическим занятиям.	
2. Конспектирование тем, вынесенных на самостоятельное изучение:	
- Геометрические характеристики сечений. Центр тяжести сечения. Статические, осевые, полярный и центробежные моменты инерции. Зависимость моментов инерции для параллельных осей. Изменение моментов инерции при повороте координатных осей. Главные оси и главные моменты инерции.	
- Внутренние силовые факторы при изгибе.	
Дифференциальные зависимости. Чистый изгиб. Формулы для нормальных напряжений. Зависимость изменения кривизны от изгибающего момента. Жёсткость при изгибе.	
- Поперечный изгиб. Касательные напряжения. Формула Журавского.	
- Линейные и угловые перемещения при изгибе.	
Дифференциальное уравнение упругой линии.	
- Косой изгиб. Внецентренное растяжение-сжатие.	
Распределение напряжений в поперечном сечении. Ядро сечения.	
- Напряжённое и деформированное состояния. Тензоры напряжений и деформаций. Главные площадки и главные напряжения. Классификация напряженных состояний. Главные оси и главные деформации. Относительное изменение объёма. Обобщённый закон Гука. Потенциальная энергия деформации.	
- Прочность при сложном напряжённом состоянии.	
3. Выполнение расчетно-проектировочного задания: «Расчёты на прочность при изгибе балки и при сложном нагружении стержня».	
4. Подготовка к текущему контролю: выполнение контрольной работы.	34
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.

(при наличии)

Подготовка к **занятиям семинарского типа** включает ознакомление с планом **практического** 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, контрольной работы**. Периодичность проведения, формы текущего контроля успеваемости, система оценивания хода освоения дисциплин представлены в рабочей программе. Условия аттестации приведены в технологической карте, входящей в состав рабочей программы дисциплины **сопротивление материалов**. Формой промежуточной аттестации по дисциплине **сопротивление материалов** является **экзамен**.

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

6.1. Учебно-методическое обеспечение

№№ п/п	Список используемой литературы	Количество экземпляров печатных изданий, имеющих в библиотеке, или электронный адрес издания (ресурса) в сети Интернет
УЧЕБНЫЕ, УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ И НАУЧНЫЕ ИЗДАНИЯ		
1.	Куликов, Ю. А. Сопротивление материалов. Курс лекций [Электронный ресурс] / Куликов Ю. А. Санкт-Петербург: Лань, 2022. - 272 с. ISBN 978-5-8114-2449-8.	https://e.lanbook.com/book/209807
2.	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
3.	Беляев, Н. М. Сборник задач по сопротивлению материалов [Электронный ресурс] / Беляев Н. М., Паршин Л. К., Мельников Б. Е., Шерстнев В. А. 5-е изд., стер. Санкт-Петербург: Лань, 2022. - 432 с. ISBN 978-5-8114-	https://e.lanbook.com/book/209822
4.	Сопротивление материалов [Текст] : сб. расчетно-проектировочных заданий и метод. указания к их выполнению / [сост. : В. А. Гусев [и др.]. 2-е изд., испр. и доп. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2008. - 92 с. Экземпляры: всего 165.	165 / https://portal.volgatech.net/books/Gusev_soprotivlenie_materialov.pdf
5.	Механические свойства конструкционных материалов [Текст] : [метод. указания к лаб. работам по курсу "Сопротивление материалов"] / ГОУ ВПО "Мар. гос. техн. ун-т"; [сост. В. Н. Сердюков]. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2011. - 48 с. Экземпляры: всего 67.	67 / https://portal.volgatech.net/books/Serdjukov_mexanicheskie_svoystva_konstrukcionnyx_materialov.pdf

6.	Кудрявцев, Сергей Геннадьевич. Эпюры внутренних силовых факторов : учебно-методическое пособие к выполнению расчетно-проектировочных заданий для студентов направления "Строительство" / С. Г. Кудрявцев; М-во образования и науки Рос. Федерации, ФГБОУ ВО "Поволж. гос. технол. ун-т". Йошкар-Ола: ПГТУ, 2018. - 74 с. ISBN 978-5-8158-1985-6.	38 / https://portal.volgatech.net/books/Kudriavcev_epuri_vnutrennix_silovix_faktorov_2018.pdf
7.	Кудрявцев, С. Г. Сопротивление материалов. Интернет-тестирование базовых знаний [Электронный ресурс] / Кудрявцев С. Г., Сердюков В. Н. Санкт-Петербург: Лань, 2022. - 176 с. ISBN 978-5-8114-1393-5.	https://e.lanbook.com/book/211139

6.2. Материально-техническая база и программное обеспечение

№№ 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), УН.ИСПЫТ МАШИНАГМС20 (1), УСТАНОВКА ППУ-7 (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)	Измеритель " ИДХ-1" (1), Измеритель " ЛТИ " (1), МОДЕЛЬ ДЛЯ ДЕМОНСТР (1), МОДЕЛЬ КИТАЙСК.ВОЛГО (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),	Microsoft Windows Enterprise, Справочная правовая система

		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)	"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. 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.

1. Способность твердого тела сопротивляться внешним нагрузкам, не разрушаясь (способность сопротивляться разрушению), называется...

1. прочностью
2. жесткостью
3. устойчивостью
4. выносливостью

2. Способность твердого тела сопротивляться изменению геометрических размеров и формы (способность сопротивляться деформированию) называется...

1. жесткостью
2. выносливостью
3. устойчивостью
4. прочностью

3. Свойство твердых тел возвращаться к своим первоначальным размерам после прекращения действия внешних сил называется...

1. упругостью
2. устойчивостью
3. выносливостью
4. прочностью

4. Свойство твердых тел сохранять остаточную деформацию называется...

1. пластичностью
2. жесткостью
3. прочностью
4. выносливостью

5. Принцип, утверждающий, что результат действия на тело системы сил равен сумме

результатов от действия каждой силы отдельно, называется...

1. принципом независимости действия сил
2. принципом Сен-Вена
3. принципом начальных размеров
4. все утверждения верны

6. Принцип, утверждающий, что при упругих деформациях в большинстве случаев перемещения, возникающие в конструкции, малы и форма конструкции при этом изменяется незначительно, называется...

1. принципом начальных размеров
2. принципом суперпозиции
3. принципом Сен-Вена
4. принципом независимости действия сил

7. При схематизации свойств материала тела, в курсе сопротивление материалов, предполагают, что материал является...

1. сплошным, однородным, изотропным и линейно-упругим
2. прочным и упругим
3. пластичным и изотропным
4. хрупким и идеально упругим

8. Материал, у которого при переходе от одной точки к другой свойства не изменяются, называется...

1. однородным
2. изотропным
3. сплошным
4. упругим

9. Материал, у которого механические свойства во всех направлениях одинаковы, называется...

1. изотропным
2. анизотропным

3. однородным
4. линейно-упругим

10. Тело, длина которого l существенно превышает характерные размеры поперечного сечения (ширины и высоты) b и h , называется...

1. стержнем (брусом)
2. пластинкой
3. оболочкой
4. массивом (пространственным телом)

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

Вопросы для экзамена по курсу «Сопротивление материалов»

1. Схематизация структуры и свойств материала. Основные гипотезы: сплошность, однородность, изотропность. Понятия упругости, пластичности и ползучести.
2. Основные принципы сопротивления материалов: принцип Сен-Венана, принцип начальных размеров, принцип независимости действия сил.
3. Расчетная схема (модель) конструкции. Геометрические модели, или модели формы: стержень, пластинка, оболочка, массив.
4. Классификация внешних сил и модели нагружения.
5. Напряжения полное, нормальное и касательное. Внутренние силовые факторы и виды нагружения стержня.
6. Перемещения и деформации. Деформации линейные и угловые (сдвиги).
7. Основы расчетов на прочность и жёсткость. Условия прочности по допускаемым напряжениям. Коэффициент запаса.
8. Растяжение-сжатие прямого стержня. Анализ напряжений в поперечных и наклонных сечениях.
9. Перемещения и деформации при растяжении-сжатии прямого стержня. Закон Гука. Модуль упругости. Коэффициент Пуассона.

10. Механические свойства материалов. Диаграмма растяжения. Характеристики прочности и пластичности.
11. Кручение стержня круглого поперечного сечения. Основные гипотезы. Вывод формул для касательных напряжений и углов закручивания.
12. Геометрические характеристики сечений. Изменение моментов инерции при параллельном переносе координатных осей (вывод формул).
13. Геометрические характеристики сечений. Изменение моментов инерции при повороте координатных осей. Главные оси и главные моменты инерции.
14. Чистый изгиб прямого стержня. Основные гипотезы. Вывод формулы для нормальных напряжений.
15. Определение перемещений при изгибе. Дифференциальное уравнение упругой линии и его интегрирование.
16. Поперечный изгиб. Формула Журавского. Распределение касательных напряжений в балке с прямоугольным поперечным сечением.
17. Напряженное состояние в точке. Классификация напряженных состояний.
18. Напряженное состояние в точке. Тензор напряжений. Главные площадки и главные напряжения. Инварианты напряженного состояния.
19. Оценка прочности при сложном напряженном состоянии. Теория прочности Мора.
20. Оценка прочности при сложном напряженном состоянии на основе критерия наибольших касательных напряжений и энергетического критерия.
21. Сложное сопротивление. Косой изгиб. Вывод расчётных формул. Уравнение нейтральной линии.
22. Сложное сопротивление. Внецентренное растяжение-сжатие. Вывод расчётных формул. Ядро сечения.
23. Понятия обобщённой силы и обобщённого перемещения. Теорема взаимности работ. Свойство взаимности перемещений.
24. Вывод формулы для потенциальной энергии деформации пространственного стержня.
25. Формула Кастильяно. Интегралы Максвелла-Мора для расчёта перемещений стержневых систем. Вывод формул. Примеры.
26. Вычисление интегралов Мора по правилу Верещагина. Вывод формул. Примеры.