

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ПОВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ



УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИММ

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

11.03.2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Б.1.1.21 Сопротивление материалов

(код и наименование дисциплины по учебному плану)

Направление подготовки  
(специальность)

15.03.02 Технологические машины и оборудование

Квалификация выпускника

Бакалавр

(бакалавр/магистр/специалист)

Направленность

Оборудование нефтегазопереработки

Курс 2, 3

Семестр 4, 5

**Распределение учебного времени**

Трудоемкость по учебному плану	180 / 5	часов/зачетных единиц
Лекции	2	часов
Лабораторные работы	4	часов
Практические занятия	-	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.)	138	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) 15.03.02 Технологические машины и оборудование

Программу составили:

	СМиПМ	СОГЛАСОВАНО	С.В. Шлычков
(должность)	(кафедра)		(И.О. Фамилия)

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

	(наименование кафедры)		
05.02.2024	протокол №	4	
(дата)			

Заведующий кафедрой	СОГЛАСОВАНО	С.П. Иванов
		(И.О. Фамилия)

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

СООТВЕТСТВУЕТ действующей ОП.

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

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

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

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

Рабочая программа проверена и зарегистрирована в УМЦ 12.03.2024 г.

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

## Раздел 1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

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

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

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

## Раздел 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина относится к обязательной части ОПОП.

Дисциплина является обязательной

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

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

## 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 и лабораторные занятия, процедуры самообучения

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

## Раздел 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4 семестр

Виды и темы занятий	Количество часов	Формируемые компетенции
<b>Основные понятия</b>	<b>72</b>	ОПК-1
Лекция. Основные понятия курса «Сопротивление материалов»: прочность, жёсткость, устойчивость. Реальный объект и расчетная схема. Схематизация по форме изучаемых	2	

объектов. Основные гипотезы о свойствах материала. Схематизация внешних нагрузок. Метод сечений. Внутренние силовые факторы. Понятие о напряжении. Напряжение полное, нормальное и касательное. Напряженное состояние в точке. Связь внутренних силовых факторов с напряжениями. Перемещения и деформации (линейные, угловые). Принципы курса «Сопротивление материалов».		
Лабораторная работа. Механические испытания материалов на растяжение и сжатие. Лабораторные работы: «Испытание образца из стали на растяжение», «Испытание на сжатие образцов из различных материалов».	2	
Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение КР, РГР 1. Изучение лекционного материала. 2. Выполнение расчетно-графической работы № 1 «Эпюры внутренних силовых факторов». 3. Выполнение расчетно-графической работы № 2 «Расчёты на прочность и жесткость при растяжении-сжатии прямого стержня».	68	
Иная контактная работа: выполнение контрольной работы, консультации	0	

#### 5 семестр

Виды и темы занятий	Количество часов	Формируемые компетенции
<b>сновы теории напряженного и деформированного состояния.</b>	<b>72</b>	ОПК-1, ОПК-12, ОПК-13
Лабораторная работа. Дифференциальные зависимости между внутренними силовыми факторами и интенсивностью внешней распределенной нагрузки при плоском поперечном изгибе. Решение задач по теме «Эпюры внутренних силовых факторов при плоском изгибе».	2	
Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение КР, РГР 1. Изучение лекционного материала. 2. Выполнение расчетно-графической работы № 3 «Расчёты на прочность и жесткость при кручении прямого стержня». 3. Решение домашних задач. 4. Подготовка к защите выполненных лабораторных работ.	70	
Иная контактная работа: выполнение контрольной работы, консультации	0	
Подготовка к экзамену	30	
Проведение экзамена	6	

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

Изучение дисциплины (**модуля**) 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 (**модулю**), концентрируют внимание на наиболее сложных и важных вопросах. Во время лекционных занятий рекомендуется вести конспектирование учебного материала; обращать внимание на

формулировки и категории, раскрывающие суть проблемы, явления или процесса; зафиксировать выводы и практические рекомендации. Подготовка к занятиям семинарского типа включает ознакомление с планом лабораторного 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 (модуля).

Содержание самостоятельной работы определяется рабочей программой дисциплины (модуля), 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 (модуля), к электронным библиотечным системам, профессиональным базам данных и информационным справочным системам. Изучение дисциплины (модуля) включает выполнение расчётно-графической работы, контрольной работы, лабораторной работы. Периодичность проведения, формы текущего контроля успеваемости, система оценивания хода освоения дисциплин представлены в рабочей программе. Формой промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) 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
<b>УЧЕБНЫЕ, УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ И НАУЧНЫЕ ИЗДАНИЯ</b>		
1.	Кудрявцев, Сергей Геннадьевич. Олимпиады по сопротивлению материалов [Текст] : задачи и решения : [учеб. пособие для студентов вузов по специальности 150301.65 "Динамика и прочность машин"] / С. Г. Кудрявцев. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2008. - 179, [1] с. ISBN 978-5-8158-0666-5. Экземпляры: всего 47.	47 / <a href="https://portal.volgatech.net/books/Kudrjavcev_Sbornik_zadach_po_olimpiade.pdf">https://portal.volgatech.net/books/Kudrjavcev_Sbornik_zadach_po_olimpiade.pdf</a>
2.	Сопротивление материалов [Текст] : [сб. расчетно-проектировоч. заданий и метод. указания к их выполнению] / [сост. А. В. Андреев и др. ; под ред. Ю. А. Куликова]. Изд. 5-е, перераб. и доп. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2010. - 90 с. Экземпляры: всего 181.	181 / <a href="https://portal.volgatech.net/books/Andreev_soprotivlenie_materialov.pdf">https://portal.volgatech.net/books/Andreev_soprotivlenie_materialov.pdf</a>
3.	Куликов, Юрий Александрович. Сопротивление материалов [Текст] : конспект лекций : [для студентов и магистрантов инженерных специальностей втузов] / Ю. А. Куликов; М-во образования и науки РФ, ФГБОУ ВПО "Поволж. гос. технол. ун-т". Йошкар-Ола: ПГТУ, 2013. - 247 с. ISBN 978-5-8158-1258-1. Экземпляры: всего 59.	59
4.	Прикладная механика [Текст] : сборник расчетно-графических заданий / М-во образования и науки РФ, ФГБОУ ВПО "Поволж. гос. технол. ун-т"; под общ. ред. Е. А. Киртаева ; [сост.: А. В. Капустин и др.]. Йошкар-	66 / <a href="https://portal.volgatech.net/books/Kapustin_prikladnaia_mexanika_2015.pdf">https://portal.volgatech.net/books/Kapustin_prikladnaia_mexanika_2015.pdf</a>

	ПГТУ, 2014. - 64 с. ISBN 978-5-8158-1432-5. Экземпляры: всего 66.	
5.	Куликов, Юрий Александрович. Сопротивление материалов [Текст] : курс лекций : учебное пособие / Ю. А. Куликов. Санкт-Петербург: Лань, 2017. - 268, [1] с. ISBN 978-5-8114-2449-8. Экземпляры: всего 57.	57
6.	Миролубов, И. Н. Сопротивление материалов [Электронный ресурс] : пособие по решению задач / Миролубов И. Н., Алмаметов Ф. З., Курицин Н. А., Изотов И. Н. 9-е изд., испр. Санкт-Петербург: Лань, 2022. - 512 с. ISBN 978-5-8114-0555-8.	<a href="https://e.lanbook.com/book/211427">https://e.lanbook.com/book/211427</a>
7.	Аркуша, Александр Иоакимович. Техническая механика. Теоретическая механика и сопротивление материалов [Текст] : учебник для учащихся машиностроительных специальностей техникумов / А. И. Аркуша. Изд. 2-е, доп. Москва: Высшая школа, 1989. - 351, [1] с. ISBN 5-06-000511-9. Экземпляры: всего 6.	6
8.	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-	<a href="https://e.lanbook.com/book/209822">https://e.lanbook.com/book/209822</a>
9.	Куликов, Ю. А. Сопротивление материалов. Курс лекций [Электронный ресурс] / Куликов Ю. А. Санкт-Петербург: Лань, 2022. - 272 с. ISBN 978-5-8114-2449-8.	<a href="https://e.lanbook.com/book/209807">https://e.lanbook.com/book/209807</a>
ЭЛЕКТРОННЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ		
1.	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	<a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>
2.	Научная электронная библиотека «Киберленинка»	<a href="http://cyberleninka.ru">http://cyberleninka.ru</a>
ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ БАЗЫ ДАННЫХ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПРАВОЧНЫЕ СИСТЕМЫ		
1.	Справочно-правовая система Консультант+	<a href="http://www.consultant.ru">http://www.consultant.ru</a>
2.	Информационно-правовой портал Гарант	<a href="http://www.garant.ru">http://www.garant.ru</a>
3.	Профессиональные справочные системы Техэксперт	<a href="http://www.cntd.ru">http://www.cntd.ru</a>

## 6.2. Материально-техническая база и программное обеспечение

№№ 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), Копировальная машина FC-210 (1), МАШИНА КМ-50-1 (1), МАШИНА РАЗРЫВНАЯ ИР 5047 50-02 (1), МАШИНА РАЗРЫВНАЯ Р-5 (1), Монитор LCD Samsung 19" SM 940 N (1), ОСНОВНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ МО 71.1 (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,

		УН.ИСПЫТ МАШИНАГМС20 (1), УСТАНОВКА ППУ-7 (1), Комплект учебной мебели (1)	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.

#### Задание 1.

Для балок, схемы которых представлены, определить реакции опор, построить



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

### Задание 2.

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

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

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

### Задание 3.

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

Пример экзаменационного билета:

1. Силы внешние и внутренние. Метод сечений. Внутренние силовые факторы в поперечных сечениях стержня.
2. Напряжения в сечении стержня при плоском поперечном изгибе. Формула Д.И. Журавского.
3. Задача: Рама состоит из двух частей, соединенных шарниром. В точка А и Е закреплена при помощи шарниров. Приложенная нагрузка представлена на рисунке. Размеры даны в метрах. Найти реакции опор.

## Перечень вопросов для проведения промежуточной аттестации

1. Основные понятия курса «Сопротивление материалов»: прочность, жёсткость, устойчивость. Реальный объект и расчетная схема. Классификация тел по геометрическим параметрам.
2. Основные гипотезы о свойствах материала. Классификация внешних сил (объемные, поверхностные, распределенные, сосредоточенные, статические, динамические).
3. Принципы курса «Сопротивление материалов».
4. Метод сечений, внутренние силовые факторы в поперечном сечении стержня.
5. Понятие о напряжении. Напряжение полное, нормальное, касательное. Напряженное состояние в точке. Связь внутренних силовых факторов с напряжениями.
6. Перемещения и деформации (линейные, угловые).
7. Растяжение и сжатие прямого стержня. Гипотеза плоских сечений. Внутренние силы и напряжения в поперечном сечении стержня. Напряжения в наклонном сечении стержня при растяжении-сжатии.
8. Перемещения и деформации. Закон Гука. Модуль упругости. Деформации продольные и поперечные. Коэффициент Пуассона.
9. Механические испытания материалов на растяжение и сжатие. Диаграммы растяжения пластичных и хрупких материалов. Условная и истинная диаграммы напряжений. Диаграммы сжатия различных материалов.
10. Потенциальная энергия деформации при растяжении-сжатии. Работа, затраченная на разрыв образца.
11. Механические свойства и механические характеристики материалов.
12. Расчеты на прочность и жесткость при растяжении и сжатии. Предельное и допускаемое напряжения, условия прочности. Коэффициент запаса прочности. Условие жесткости.
13. Чистый сдвиг. Закон парности касательных напряжений. Анализ напряженного состояния при чистом сдвиге. Диаграмма напряжений. Закон Гука при сдвиге. Модуль сдвига.
14. Кручение стержня круглого поперечного сечения. Гипотезы. Вывод формулы для определения касательного напряжения. Полярный момент инерции и полярный момент сопротивления круга и кольца.
15. Определение взаимного угла поворота сечений. Относительный угол закручивания. Потенциальная энергия при деформации кручение.
16. Условия прочности и жёсткости при кручении. Расчеты на прочность и жесткость при кручении (типы задач).
17. Геометрические характеристики поперечных сечений стержня. Статические моменты площади. Осевые, полярный и центробежный моменты инерции. Изменение моментов инерции при параллельном переносе осей координат.
18. Осевые моменты инерции простейших фигур (прямоугольник, треугольник, круг).

19. Изменение моментов инерции при повороте осей координат. Главные оси и главные моменты инерции.
20. Плоский изгиб стержня. Внутренние силовые факторы. Правило знаков. Дифференциальные зависимости между  $M$ ,  $Q$ .
21. Чистый изгиб. Основные гипотезы. Вывод формулы для определения нормального напряжения при чистом изгибе. Зависимость изменения кривизны оси балки от изгибающего момента. Жесткость поперечного сечения стержня на изгиб.
22. Рациональные формы поперечных сечений балок: двутавр, швеллер, трехслойная конструкция. Балка равного сопротивления изгибу.
23. Касательные напряжения при плоском поперечном изгибе стержней со сплошным поперечным сечением. Вывод формулы Журавского. Касательные напряжения при поперечном изгибе балки прямоугольного поперечного сечения, круглого поперечного сечения.
24. Расчеты на прочность при плоском изгибе (по нормальным напряжениям, по касательным напряжениям).
25. Перемещения при плоском поперечном изгибе балки. Определение перемещений методом интегрирования дифференциального уравнения упругой линии балки. Пример. Расчеты на жесткость при плоском поперечном изгибе.
26. Обобщенная сила и обобщенное перемещение. Работа внешних сил. Теорема о взаимности работ. Теорема о взаимности перемещений. Потенциальная энергия упругой деформации стержня в общем случае его нагружения. Теорема Кастильяно.
27. Интегралы Максвелла-Мора. Определение упругих перемещений с помощью интегралов Мора. Пример.
28. Вычисление интегралов Мора по правилу Верещагина. Пример.
29. Теория напряжений. Напряжённое состояние в точке. Тензор напряжения. Главные площадки и главные напряжения. Инварианты напряженного состояния. Классификация напряженных состояний.
30. Деформированное состояние в точке. Тензор деформаций. Объёмная деформация.
31. Обобщённый закон Гука для изотропного тела. Потенциальная энергия упругой деформации. Потенциальная энергия изменения объёма и изменения формы.
32. Прочность при сложном напряженном состоянии. Первая и вторая теории прочности. Третья и четвёртая теории прочности. Теория прочности Мора.
33. Комбинированное нагружение стержня. Косой изгиб. Эпюры внутренних силовых факторов. Определение нормальных напряжений и положения нейтральной линии в поперечном сечении. Опасные точки в сечении. Условия прочности.
34. Внецентренное растяжение – сжатие. Эпюры внутренних силовых факторов. Определение нормальных напряжений и положения нейтральной линии в поперечном сечении. Опасные точки в сечении. Условия прочности. Ядро сечения.
35. Изгиб с кручением стержня круглого поперечного сечения. Эпюры внутренних силовых факторов. Опасное сечение, нейтральная линия, опасные точки, условия прочности.
36. Устойчивость упругих систем. Понятие потери устойчивости. Критическая сила. Устойчивость

центрально сжатых стержней. Задача Эйлера. Зависимость критической силы от условий закрепления концов стержня.

37. Критическое напряжение. Пределы применимости формулы Эйлера. Потеря устойчивости стержня при напряжениях, превышающих предел пропорциональности. Формула Тетмайера-Ясинского.
38. Расчет сжатых стержней на устойчивость. Рациональные формы поперечных сечений сжатых стержней.
39. Основные виды динамических нагрузок, действующих на конструкции. Действие ударной нагрузки. Энергетический метод расчета. Динамический коэффициент. Определение упругих перемещений и напряжений.