

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВПО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой

МиКМ

А.В. Ковалев

21.03.2025г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.О.26 Сопротивление материалов

- 1. Код и наименование направления подготовки:** 15.03.06 Мехатроника и робототехника.
- 2. Профиль подготовки/специализация:** Интеллектуальные системы управления в мехатронике и робототехнике.
- 3. Квалификация (степень) выпускника:** Бакалавр
- 4. Форма образования:** Очная
- 5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:** Механики и компьютерного моделирования
- 6. Составители программы:**
Чеботарев Андрей Сергеевич, кандидат физ-мат. наук, доцент, факультет ПММ, кафедра МиКМ
- 7. Рекомендована:** НМС факультета ПММ протокол № 6 17.03.2025
- 8. Учебный год:** 2027 - 2028 **Семестр(-ы):** 6

9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Цели и задачи учебной дисциплины: научить студентов владеть теоретическим материалом, методами простых приемов расчета типичных, наиболее часто встречающихся элементов конструкции. Изучение курса призвано ввести студентов в круг знаний основных гипотез и методов расчета на прочность и жесткость элементов конструкций.

Задачи учебной дисциплины: научить студентов владеть теоретическим материалом, уметь формулировать и доказывать основные классические и современные результаты сопротивления материалов, владеть навыками решения классических и современных прикладных задач.

10. Место учебной дисциплины в структуре ОПОП: учебная дисциплина относится к обязательной части Блока 1 Основными требованиями являются знания теоретической механики, математических моделей механики деформированного твердого тела, теории упругости, теории обыкновенных дифференциальных уравнений, математического анализа и уравнений в частных производных.

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ОПК-1	<i>Способен использовать фундаментальные знания, полученные в области математических и естественных наук, в профессиональной деятельности</i>	ОПК-1.2	<i>Применяет системный подход и математические методы в формализации решения прикладных задач</i>	Знать: Применение Основных Формул для расчета прочности конструкции основные методики построения задач механики деформируемого твердого тела Уметь: Применять Методы Сопротивления Материалов для расчета прочности конструкции Владеть: Аппаратом расчета прочности конструкции современными методами математического моделирования при анализе глобальных проблем на основе глубоких знаний механики деформируемого твердого тела, фундаментальных математических дисциплин и компьютерных наук
ОПК-3	<i>Способен осуществлять профессиональную деятельность с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений на всех этапах жизненного уровня</i>	ОПК-3.2	<i>Использует методы физического моделирования и современное экспериментальное оборудование для получения данных, необходимых для решения задач профессиональной деятельности</i>	Знать: Применение Основных Формул для расчета прочности конструкции основные методики построения задач механики деформируемого твердого тела Уметь: Применять Методы Сопротивления Материалов для расчета прочности

		ОПК-3.3	Проводит эксперимент на основе сформулированной физической модели явления, анализирует и обобщает полученные экспериментальные результаты с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений;	конструкции Владеть: Аппаратом расчета прочности конструкции современными методами математического моделирования при анализе глобальных проблем на основе глубоких знаний механики деформируемого твердого тела, фундаментальных математических дисциплин и компьютерных наук
ОПК-7	Способен применять современные экологичные и безопасные методы рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов в машиностроении	ОПК-7.2	Имеет практические навыки применения современных методов и технологий рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов при проектировании отдельных устройств подсистем мехатронных и робототехнических систем.	Уметь: Применять Методы Сопротивления Материалов с учетом оптимального проектирования мехатронных и робототехнических систем Владеть: Аппаратом расчета прочности отдельных устройств и подсистем мехатронных и робототехнических систем современными методами математического моделирования при анализе глобальных проблем

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/часах в соответствии с учебным планом — 4/144

Форма промежуточной аттестации(зачет/экзамен) _____ экзамен

13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость	
		Всего	По семестрам № 5
Аудиторные занятия		64	
В том числе:	лекции	32	32
	практические	32	32
	лабораторные		
Самостоятельная работа		44	44
Форма промежуточной аттестации (экзамен — ___ час.)		36	36
Итого:		144	144

13.1 Содержание разделов дисциплины:

№	Наименование	Содержание раздела дисциплины	Реализация
---	--------------	-------------------------------	------------

п/п	раздела дисциплины		раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК
Лекции			
1	Растяжение-сжатие	Задачи предмета «Сопротивление материалов». Рабочие гипотезы. Понятие о напряжениях, деформациях, перемещениях. Закон Гука. Связь между напряжениями и внутренними силовыми факторами. Внутренние силовые факторы и метод их определения. Связь между напряжениями и внутренними силовыми факторами. Диаграмма растяжения. Механические характеристики материалов. Допускаемые напряжения. Расчеты на прочность и жесткость при осевом растяжении - сжатии. Внутренние силы. Допускаемые напряжения. Потенциальная энергия деформации при осевом растяжении - сжатии. Напряжения по наклонным площадкам при осевом растяжении - сжатии. Главные площадки и главные напряжения. Напряжения по наклонным площадкам при плоском напряженном состоянии. Виды напряженного состояния. Теории (гипотезы) прочности и их применение. Напряжения и деформации при плоском напряженном состоянии. Обобщенный закон Гука. Графическое определение напряжений при плоском напряженном состоянии.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=8272
2	Кручение	Опытные данные о скручивании стержней круглого поперечного сечения. Вывод формулы для касательных напряжений при кручении. Напряжения и деформации при кручении. Вывод формулы. Условия прочности и жесткости при кручении. Построение эпюр крутящего момента и углов закручивания.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=8272

		Потенциальная энергия деформации при кручении. Статически неопределимые системы. Расчет по допускаемым напряжениям и разрушающим нагрузкам. Статически неопределимые системы. Простейшие виды систем растяжения - сжатия. Статически неопределимые системы. Особенности работы статически неопределимых систем.	
3	Изгиб	Геометрические характеристики плоских сечений. Главные оси и главные моменты инерции. Изменение моментов инерции при повороте и параллельном переносе осей. Геометрические характеристики простейших сечений. Вычисление главных центральных моментов инерции сложных фигур. Определение внутренних силовых факторов при прямом поперечном изгибе. Основные правила построения и контроля построения эпюр внутренних силовых факторов при прямом поперечном изгибе. Нормальные напряжения при изгибе. Вывод формулы. Дифференциальные зависимости при изгибе. Вывод формул. Показать их использование на примере. Условие прочности при изгибе по нормальным напряжениям. Рациональные сечения балок при изгибе. Касательные напряжения при поперечном изгибе. Нормальные и касательные напряжения при изгибе. Условия прочности при изгибе. Перемещения при изгибе. Дифференциальное уравнение изогнутой оси балки. Определение перемещений при изгибе. Условие жесткости. Определение перемещений при изгибе методом начальных параметров. Теоремы о взаимности работ и о взаимности перемещений.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=8272

		Энергетические методы определения перемещений при изгибе. Интеграл Мора. Правила использования интеграла Мора для определения перемещений. Пример расчета.	
Практические занятия			
1	Растяжение-сжатие	Задачи предмета «Сопротивление материалов». Рабочие гипотезы. Понятие о напряжениях, деформациях, перемещениях. Закон Гука. Связь между напряжениями и внутренними силовыми факторами. Внутренние силовые факторы и метод их определения. Связь между напряжениями и внутренними силовыми факторами. Диаграмма растяжения. Механические характеристики материалов. Допускаемые напряжения. Расчеты на прочность и жесткость при осевом растяжении - сжатии. Внутренние силы. Допускаемые напряжения. Потенциальная энергия деформации при осевом растяжении - сжатии. Напряжения по наклонным площадкам при осевом растяжении - сжатии. Главные площадки и главные напряжения. Напряжения по наклонным площадкам при плоском напряженном состоянии. Виды напряженного состояния. Теории (гипотезы) прочности и их применение. Напряжения и деформации при плоском напряженном состоянии. Обобщенный закон Гука. Графическое определение напряжений при плоском напряженном состоянии.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=8272
2	Кручение	Опытные данные о скручивании стержней круглого поперечного сечения. Вывод формулы для касательных напряжений при кручении. Напряжения и деформации при кручении. Вывод формулы. Условия прочности и жесткости при	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=8272

		кручении. Построение эпюр крутящего момента и углов закручивания. Потенциальная энергия деформации при кручении. Статически неопределимые системы. Расчет по допускаемым напряжениям и разрушающим нагрузкам. Статически неопределимые системы. Простейшие виды систем растяжения - сжатия. Статически неопределимые системы. Особенности работы статически неопределимых систем.	
3	Изгиб	Геометрические характеристики плоских сечений. Главные оси и главные моменты инерции. Изменение моментов инерции при повороте и параллельном переносе осей. Геометрические характеристики простейших сечений. Вычисление главных центральных моментов инерции сложных фигур. Определение внутренних силовых факторов при прямом поперечном изгибе. Основные правила построения и контроля построения эпюр внутренних силовых факторов при прямом поперечном изгибе. Нормальные напряжения при изгибе. Вывод формулы. Дифференциальные зависимости при изгибе. Вывод формул. Показать их использование на примере. Условие прочности при изгибе по нормальным напряжениям. Рациональные сечения балок при изгибе. Касательные напряжения при поперечном изгибе. Нормальные и касательные напряжения при изгибе. Условия прочности при изгибе. Перемещения при изгибе. Дифференциальное уравнение изогнутой оси балки. Определение перемещений при изгибе. Условие жесткости. Определение перемещений при изгибе методом начальных	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=8272

		параметров. Теоремы о взаимности работ и о взаимности перемещений. Энергетические методы определения перемещений при изгибе. Интеграл Мора. Правила использования интеграла Мора для определения перемещений. Пример расчета.	
--	--	--	--

13.2 Разделы дисциплины и виды занятий:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	лекции	Практические	СРС	Всего
1	Растяжение-сжатие	8	8	12	28
2	Кручение	8	8	12	28
3	Изгиб	16	16	20	52
4	Промежуточная аттестация - экзамен				36
	Итого	32	32	44	144

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

(рекомендации обучающимся по освоению дисциплины: указание наиболее сложных разделов, работа с конспектами лекций, презентационным материалом, рекомендации по выполнению курсовой работы, по организации самостоятельной работы по дисциплине и др)

Освоение дисциплины включает лекционные занятия, практические работы обучающихся.

На первом занятии студент получает информацию для доступа к комплексу учебно-методических материалов.

Лекционные занятия посвящены рассмотрению теоретических основ ключевых принципов, базовых понятий, стандартов и методологий.

Практические занятия предназначены для формирования умений и навыков, закрепленных компетенций по ОПОП. Они организовываются в виде работы над практико-ориентированными заданиями, домашние задания, собеседования, выполнение реферата.

Самостоятельная работа студентов включает в себя проработку учебного материала лекций, разбор заданий, подготовку реферата.

Для успешного освоения дисциплины рекомендуется подробно конспектировать лекционный материал, просматривать основную и дополнительную литературу по соответствующей теме, чтобы систематизировать изучаемый материал.

Промежуточная аттестация. В течение семестра обучающимся предлагается выполнить практико-ориентированные, домашние задания.

При использовании дистанционных образовательных технологий и электронного обучения следует выполнять все указания преподавателя по работе на LMS-платформе, своевременно подключаться к online-занятиям, соблюдать рекомендации по организации самостоятельной работы

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Серазутдинов, М. Н. Сопротивление материалов : практикум : [16+] / М. Н. Серазутдинов, М. Н. Убайдуллоев ; Казанский национальный исследовательский технологический университет. – Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2022. – 108 с. : ил., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=702183 (дата обращения: 19.05.2025). – Библиогр.: с. 106. – ISBN 978-5-7882-3188-4. – Текст : электронный.
2	Баранникова, С. А. Сопротивление материалов: физические основы прочности конструкционных материалов : учебное пособие : [16+] / С. А. Баранникова ; Томский государственный архитектурно-строительный университет, Институт физики прочности и материаловедения СО РАН. – 2-е изд., пересмотр. – Томск : Томский государственный архитектурно-строительный университет (ТГАСУ), 2023. – 198 с. : ил., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=714841 (дата обращения: 19.05.2025). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-6050245-0-7. – Текст : электронный.

б) дополнительная литература:

1	Ивлев, Д.Д. Механика пластических сред. В 2 т. Т.1. Теория идеальной пластичности : учебное пособие / Ивлев Д.Д. — Москва : Физматлит, 2001. — 448 с. — Механика пластических сред. В 2 т. Т.1. Теория идеальной пластичности [Электронный ресурс] / Ивлев Д.Д. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2001. — ISBN 21-0140-4 .— <URL: https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5922101404.html >.
2	Ивлев, Д.Д. Механика пластических сред. В 2 т. Т. 2. Общие вопросы. Жесткопластическое и упругопластическое состояние тел. Упрочнение. Деформационные теории. Сложные среды : учебное пособие / Ивлев Д.Д. — Москва : Физматлит, 2002. — 448 с. — Механика пластических сред. В 2 т. Т. 2. Общие вопросы. Жесткопластическое и упругопластическое состояние тел. Упрочнение. Деформационные теории. Сложные среды [Электронный ресурс] / Ивлев Д.Д. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2002. — ISBN 21-0291-5 .— <URL: https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5922102915.html >.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
1.	Электронная библиотека ВГУ www.lib.vsu.ru
2.	Электронно-библиотечная система "Университетская библиотека online" https://biblioclub.lib.vsu.ru/
3.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=8272

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы (учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных), курсовых работ и др.)

Самостоятельная работа обучающегося должна включать подготовку к практическим занятиям, работа над рефератом, темы которого приведены в п.20, и подготовку к промежуточной аттестации.

Для обеспечения самостоятельной работы студентов в электронном курсе дисциплины на образовательном портале «Электронный университет ВГУ» ещё не сформирован учебно-методический комплекс, который будет включать в себя: программу курса, учебные пособия и справочные материалы, методические указания по выполнению заданий. Студенты по идее получают доступ к данным материалам на первом занятии по дисциплине.

№ п/п	Источник
1	Положение об организации самостоятельной работы обучающихся в Воронежском государственном университете
2	Межецкий, Г. Д. Сопротивление материалов : учебник / Г. Д. Межецкий, Г. Г. Загребин, Н. Н. Решетник. – 5-е изд. – Москва : Дашков и К°, 2016. – 432 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=453911 (дата обращения: 19.05.2025). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-394-02628-7. – Текст : электронный.
3	Серазутдинов, М. Н. Основные разделы сопротивления материалов : учебное пособие : [16+] / М. Н. Серазутдинов ; Казанский национальный исследовательский технологический институт. – Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2019. – 264 с. : ил., табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=683824 (дата обращения: 19.05.2025). – Библиогр.: с. 259. – ISBN 978-5-7882-2706-1. – Текст : электронный.
4	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=8272

17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):

При реализации дисциплины могут проводиться различные типы лекций (вводная, обзорная и т.д.), применяться дистанционные образовательные технологии в части освоения лекционного материала, самостоятельной работы по дисциплине или отдельным ее разделам.

При реализации дисциплины используются следующие образовательные технологии: логическое построение дисциплины, обозначение теоретического и практического компонентов в учебном материале. Применяются разные типы лекций (вводная, обзорная, информационная, проблемная).

Информационные технологии для реализации учебной дисциплины:

- технологии синхронного и асинхронного взаимодействия студентов и преподавателя посредством служб (сервисов) по пересылке и получению электронных сообщений, в том числе, по сети Интернет а также другие Интернет-ресурсы, приведенные в п.15в.;
- сервис электронной почты для оперативной связи преподавателя и студентов.

Дисциплина реализуется с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий, для организации самостоятельной работы обучающихся используется онлайн-курс, размещенный на платформе Электронного университета ВГУ (LMS moodle) <https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=8272>, а также другие Интернет-ресурсы, приведенные в п.15в

1. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Учебная аудитория для проведения лекций специализированная мебель, компьютер (ноутбук), мультимедийное оборудование (проектор, экран, средства звуковоспроизведения).

ОС Windows 8 (10), интернет-браузер (Google Chrome, Mozilla Firefox), ПО Adobe Reader, пакет стандартных офисных приложений для работы с документами, таблицами (MS Office, Мой Офис, Libre Office).

Учебная аудитория для практических занятий и организации самостоятельной работы: специализированная мебель, персональные компьютеры в количестве, обеспечивающем возможность индивидуальной работы, компьютер преподавателя, мультимедийное оборудование (проектор, экран).

ОС Windows 8 (10), интернет-браузер (Google Chrome, Mozilla Firefox), ПО Adobe Reader, пакет стандартных офисных приложений для работы с документами, таблицами (MS Office, Мой Офис, Libre Office).

19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1.	Растяжение-сжатие	ОПК-1 ОПК-3	ОПК-1.2 ОПК-3.2	Собеседование/тестирование
2.	Кручение	ОПК-1 ОПК-3	ОПК-1.2 ОПК-3.2	Собеседование/тестирование
3.	Изгиб	ОПК-1 ОПК-3	ОПК-1.2 ОПК-3.2	Контрольная работа
Промежуточная аттестация форма контроля - экзамен				Комплект КИМ

20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

20.1 Текущий контроль успеваемости

Собеседование/тестирование

Перечень вопросов для собеседования:

1. Задачи предмета «Сопротивление материалов». Рабочие гипотезы.
2. Понятие о напряжениях, деформациях, перемещениях. Закон Гука.
3. Связь между напряжениями и внутренними силовыми факторами.
4. Внутренние силовые факторы и метод их определения. Связь между напряжениями и внутренними силовыми факторами.

5. Диаграмма растяжения. Механические характеристики материалов. Допускаемые напряжения.
6. Расчеты на прочность и жесткость при осевом растяжении - сжатии. Внутренние силы. Допускаемые напряжения.
7. Потенциальная энергия деформации при осевом растяжении - сжатии.
8. Напряжения по наклонным площадкам при осевом растяжении - сжатии.
9. Главные площадки и главные напряжения. Напряжения по наклонным площадкам при плоском напряженном состоянии.
10. Виды напряженного состояния. Теории (гипотезы) прочности и их применение.
11. Напряжения и деформации при плоском напряженном состоянии.
12. Обобщенный закон Гука.
13. Графическое определение напряжений при плоском напряженном состоянии.
14. Опытные данные о скручивании стержней круглого поперечного сечения.
15. Вывод формулы для касательных напряжений при кручении.
16. Напряжения и деформации при кручении. Вывод формулы.
17. Условия прочности и жесткости при кручении. Построение эпюр крутящего момента и углов закручивания.
18. Потенциальная энергия деформации при кручении.

Описание технологии проведения. Проводится в виде опроса на лекционных и практических занятиях, возможно использование тестовой формы опроса.

Критерии и шкалы оценивания:

Для оценивания выполнения заданий используется балльная шкала:

1) закрытые задания (тестовые, средний уровень сложности):

- 1 балл – указан верный ответ;
- 0 баллов – указан неверный ответ, в том числе частично.

2) открытые задания (тестовые, повышенный уровень сложности):

- 5 баллов – задание выполнено верно;
- 2 балла – выполнение задания содержит незначительные ошибки;
- 0 баллов – задание не выполнено или выполнено неверно.

Собеседование может быть заменено на тестирование в электронной образовательной среде «Электронный университет ВГУ». Большая часть вопросов проверяется автоматически, проверки преподавателем с ручным оцениванием требуют только расчетные задачи, практико-ориентированные задачи

Перечень заданий теста

1) закрытые задания (тестовые, средний уровень сложности):

1. Какие внутренние усилия возникают при поперечном изгибе?

- ☐ Изгибающий момент и поперечная сила
- ☐ Поперечная и продольная силы
- ☐ Изгибающий и крутящий моменты
- ☐ Продольная сила и изгибающий момент

2. У стержня равного сопротивления во всех поперечных сечениях нормальные напряжения равны:

- ☐ пределу прочности

- ☐ расчетному сопротивлению
- ☐ пределу текучести
- ☐ нормальному сопротивлению

3. Коэффициент Пуассона равен 0.5 для

- ☐ пластичных материалов при сжатии
- ☐ хрупких материалов
- ☐ упругих материалов
- ☐ несжимаемых материалов

4. Произведение касательного напряжения на толщину стенки есть величина постоянная.

Данная теорема относится к разделу:

- ☐ Кручение
- ☐ Растяжение
- ☐ Деформации при изгибе
- ☐ Напряжения при изгибе

5. Сопротивление материалов изучает:

- ☐ прочность и надёжность деталей машин и конструкций
- ☐ объединение разнообразных материалов
- ☐ процесс механического взаимодействия соприкасающихся тел
- ☐ изменения свойств материалов как в твёрдом, так и в жидком состоянии

6. Основные понятия сопротивления материалов, оценивающие способность материала сопротивляться внешним воздействиям:

- ☐ Прочность
- ☐ Трение
- ☐ Жесткость
- ☐ Проводимость
- ☐ Упругость

7. Сопротивление материалов является разделом:

- ☐ Теоретической механики
- ☐ Статистической механики
- ☐ Механики сплошных сред
- ☐ Квантовой механики

**8. Пронумеруйте порядок решения статистически неопределенной задачи:
(24351)**

- ☐ Решение полученной системы уравнение

- ☐ Рассмотрение возможных перемещений точек системы
- ☐ Замена в уравнениях совместимости деформаций величины деформаций через усилия или напряжения по закону Гука
- ☐ Составление уравнений, связывающих деформации отдельных элементов
- ☐ Составление уравнения статики

9. Материал называется анизотропным, если:

- ☐ он пластичный
- ☐ свойства образца, выделенного из материала, зависят от его угловой ориентации
- ☐ свойства образца, выделенного из материала, не зависят от его угловой ориентации
- ☐ он имеет кристаллическую структуру

10. В месте приложения сосредоточенной силы на эпюре поперечных сил наблюдается:

- ☐ скачек на величину силы
- ☐ перелом
- ☐ изменений нет
- ☐ ноль

11. Относительная деформация обычно выражается в

- ☐ единицах длины
- ☐ радианах
- ☐ в процентах, в долях от единицы
- ☐ градусах

12. При параллельном переносе осей координат осевые моменты инерции вычисляются по формуле:

- ☐ $J_{x'} = J_x + S_x$
- ☐ $J_{x'} = J_x + 2aS_x + a^2F$
- ☐ $J_{x'y'} = J_x + J_y$
- ☐ $J_x = J_x + abJ_{xy}$
- ☐ $J_x = J_{x'}$

13. В жесткой заделке число реакций равно:

- ☐ одной
- ☐ трём
- ☐ двум
- ☐ шести

14. Закон Гука при сдвиге записывается как ...

- ☐ $\gamma = \frac{\Delta S}{l}$
- ☐ $\tau = G\gamma$
- ☐ $\tau = \frac{M_u}{W_z}$
- ☐ $\sigma = E\varepsilon$
- ☐ $\sigma = \frac{p}{f}$

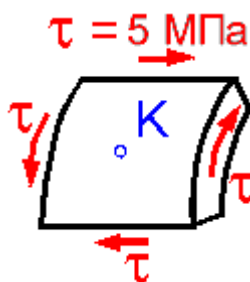
15. Статистический момент инерции относительно оси X равен:

- ☐ $S_x = \int_F dF$
- ☐ $J_x = \int_F dF$
- ☐ $S_x = \int_F x^2 dF$
- ☐ $S_x = \int_F y dF$
- ☐ $J_x = \int_F yx dF$

16. Предел прочности определяется как ...

- ☐ наибольшая остаточная деформация
- ☐ напряжение, при котором разрушается образец
- ☐ напряжение, соответствующее концу упругого участка
- ☐ наибольшая деформация при разрушении образца
- ☐ максимальное напряжение на диаграмме деформирования

17. Наибольшие растягивающие напряжения (главные напряжения) в сосуде под давлением равны?



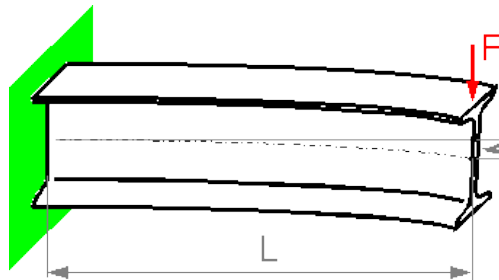
- ☐ 0 МПа
- ☐ 5 МПа
- ☐ 2.5 МПа
- ☐ 10 МПа

18. Изменение объема для объемного напряженного состояния определяется по формуле:

- ☐ $\Delta V = V(\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3)$
- ☐ $\Delta V = \varepsilon_1 \varepsilon_2 \varepsilon_3$

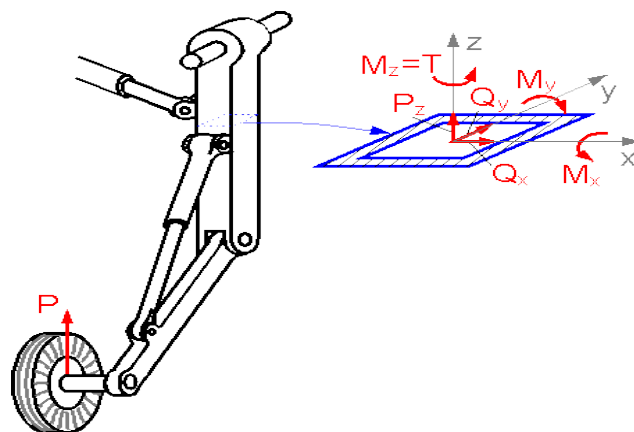
- ☐ $\Delta V/V = \varepsilon_1(1 - 2\mu)$
- ☐ $\frac{\Delta V}{V} = 3\varepsilon_1$
- ☐ $\Delta V/V = 2\varepsilon_2 + \varepsilon_1$

19. Во сколько раз увеличивается прогиб для балки длина которой увеличивается в два раза, а сила приложена на свободном конце балки?



- ☐ В 4 раза
- ☐ В 16 раз
- ☐ В 8 раз
- ☐ В 2 раза

20. Самолет стоит на земле и посадочное устройство нагружено только вертикальной силой. Какие компоненты внутренней силы и момента в показанном сечении являются равными нулю?



- ☐ $M_x = 0; M_y = 0; M_z = 0$
- ☐ $Q_x = 0; Q_y = 0; Q_z = 0$
- ☐ $Q_x = 0$
- ☐ $M_x = 0$

2) открытые задания (тестовые, повышенный уровень сложности):

21. Теорема Кастильяно для линейных упругих систем (+формулы упругой энергии для основных видов деформации).

Частная производная от потенциальной энергии деформации системы по силе равняется перемещению точки приложения данной силы по ее направлению.

$$u_i = \frac{\partial W}{\partial P_i}$$

Вариационная формулировка теоремы:

$$\sum u_i \delta P_i = \delta W_p$$

Сводка формул упругой энергии для основных видов деформации:

1) Растяжение-сжатие.

В общем случае стержневой системы

$$W = \sum \frac{N_z^2 l}{2EF}$$

Суммирование распространяется на все элементы, для которых постоянно выражение под знаком суммы.

2) Кручение.

Рассечем стержень двумя бесконечно близкими поперечными сечениями. Приложим к сечениям выделенного элемента два равных и противоположных момента, численно равных M_z . Обобщенное перемещение для такой группы сил есть угол относительного поворота сечения, то есть θdz . По теореме Клапейрона

$$dW = \frac{1}{2} M_z \theta dz$$

Полная энергия кручения стержня

$$W = \int_0^l \frac{1}{2} M_z \theta dz = \frac{1}{2} \int_0^l \frac{M_z^2 dz}{2CG}$$

3) Изгиб.

Энергия элемента стержня длиной dz есть:

$$\frac{1}{2} M_x \kappa_x dz$$

Но так как

$$\kappa_x = \frac{M_x}{EJ_x}$$

Следует

$$W = \frac{1}{2} \int_0^l \frac{M_x^2 dz}{2EJ_x}$$

22. Теория прочности Мора.

Теория прочности Мора позволяет учесть различное сопротивление материалов растяжению и сжатию.

Например, бетон, который имеет высокую прочность на сжатие, но совершенно не может работать на растяжение.

Условие прочности:

$$\sigma_{\text{экв}} = \sigma_1 - \frac{[\sigma_p]}{[\sigma_c]} \sigma_c \leq [\sigma_p]$$

При $[\sigma_p] = [\sigma_c]$ теория прочности Мора совпадает с третьей теорией прочности (Гипотеза наибольших касательных напряжений) или теория прочности Треска — Сен-Венана.

23. Нормальные условия при испытании материалов.

- 1) Статическое нагружение.
- 2) Температура равна 20 градусов по Цельсию.
- 3) Нет избыточного давления.

24. Теорема о взаимности работ.

Работа сил первой системы на перемещениях точек их приложения от действия сил второй системы равна работе сил второй системы на перемещениях точек их приложения от действия сил первой системы.

Работа сил первой системы на перемещениях точек их приложения от действия сил второй системы:

$$A' = \sum_{s=1}^k P'_s u''_s = \sum_{s=1}^k \sum_{i=k+1}^n P_s P'_i \delta_{si}$$

Аналогично

$$A'' = \sum_{i=k+1}^n P''_i u'_i = \sum_{i=k+1}^n \sum_{s=1}^k P_i P''_s \delta_{is}$$

25. Основные принципы в сопротивлении материалов: принцип начальных размеров, принцип независимости действия сил, принцип Сен-Венана.

Принцип неизменности начальных размеров – Согласно данному принципу при расчетах делается допущение о том, что размеры и форма конструкции, находящейся в деформированном состоянии, незначительно отличаются от размеров и формы исходного состояния конструкции. Поэтому при составлении уравнений равновесия можно использовать размеры и форму конструкции в недеформированном начальном состоянии.

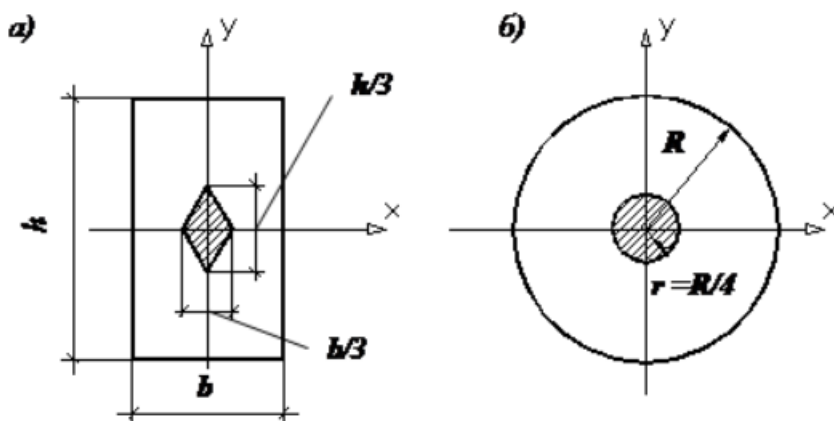
Принцип независимости действия сил – суммарный эффект от воздействия на тело нескольких сил равен сумме эффектов от каждой из этих сил по отдельности.

Принцип Сен-Венана – особенности приложения нагрузок не сказываются на расстояниях, превышающих размер области их приложения.

26. Ядро сечения.

Ядро сечения - это малая область вокруг центра тяжести поперечного сечения. Ядро сечения характеризуется тем, что всякая сжимающая продольная сила, приложенная внутри него, вызывает во всех точках поперечного сечения напряжения сжатия.

ядро сечения для прямоугольного и круглого поперечных сечений стержня



Для прямоугольника ядро сечения имеет форму ромба (а), а для круглого сплошного стержня ядро сечения – круг (б).

27. Влияние различных факторов на механические характеристики материалов при растяжении и сжатии.

1 фактор – скорость изменения нагрузки

Различают статическое нагружение и быстрое нагружение. Определение зависит от того, успевают ли в процессе нагружения пластические деформации реализоваться в полной мере или нет. В первом случае материал проявляет пластические свойства, во втором ведет себя как более хрупкий и более прочный материал.

2 фактор – температура

С повышением температуры металлы уменьшаются его модуль упругости E , пределы текучести δ_T и пределы прочности δ_B .

Замечание: изменение механических свойств материала «отстает» от изменения температуры. Графики соответствуют условию длительной выдержки металла при указанной температуре перед испытаниями.

3 фактор – давление

При давлении меняется тип напряженного состояния.

4 фактор – период нагружения

При высоких температурах необходимо исследования длительной прочности. Предел прочности, как функция времени и температур, называется пределом длительной прочности. Предел текучести, как функция времени и температуры называется пределом ползучести.

28. Условие пластичности Губера-Мизеса-Генки.

Пластичная деформация наступает, когда интенсивность напряжений (σ) достигает постоянной величины, равной предельной текучести при растяжении. Оно обычно записывается в главных напряжениях в виде

$$(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2 = 2\sigma_T^2$$

Это условие называется также условием постоянства интенсивности касательных напряжений (T_i) и через главные касательные напряжения записывается как:

$$T_{12}^2 + T_{23}^2 + T_{31}^2 = \sigma_T^2 / 2$$

Поскольку левая часть этих уравнений соответствует с точностью до постоянного множителя энергии упругого изменения формы, то это условие пластичности называется так же энергетическим условием пластичности. Для этого условия пластичности предел текучести при сдвиговой деформации:

$$T_T = \sigma_{ij} 3^{1/2}, \text{ а также } \sigma_i = (3/2)^{1/2} T, \quad T_T = T \cdot 3^{1/2}.$$

Описание технологии проведения. Для студента будет предложено десять вопросов, на один из которых необходимо дать письменный ответ (расчетные задачи, практико-ориентированные задачи). Остальные вопросы с выбором ответа, которые проверяются автоматически.

На прохождение теста отводится 30 минут. Максимальное число баллов, которое может получить абитуриент, пройдя тест, равно **35** баллам. Правила оценивания вопросов приведены в «**Критерии и шкалы оценивания**».

Критерии и шкалы оценивания:

Для оценивания выполнения заданий используется балльная шкала:

1) закрытые задания (тестовые, средний уровень сложности):

- 1 балл – указан верный ответ;
- 0 баллов – указан неверный ответ, в том числе частично.

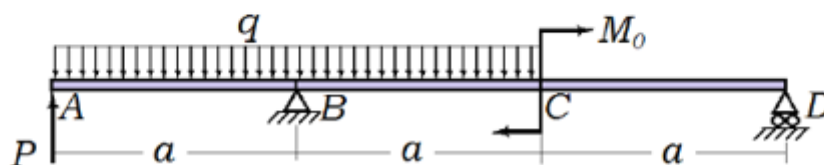
2) открытые задания (тестовые, повышенный уровень сложности):

- 5 баллов – задание выполнено верно;
- 2 балла – выполнение задания содержит незначительные ошибки;
- 0 баллов – задание не выполнено или выполнено неверно.

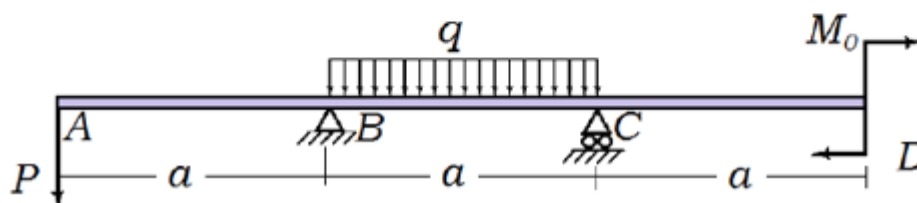
Контрольная работа

Примеры заданий:

Построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов для балки на двух опорах, загруженной, как показано на рисунке. Найти $\max Q$ и $\max M$ при следующих данных: $P = 4$ кН, $q = 1$ кН/м, $M_0 = 6$ кНм, $a = 2$ м. Подобрать из условия прочности по нормальным напряжениям $[\sigma] = 16$ кН/см² балку круглого поперечного сечения и проверить прочность балки по касательным напряжениям при допуске касательном напряжении $[\tau] = 8$ кН/см².



Построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов для балки на двух опорах, загруженной, как показано на рисунке. Найти $\max Q$ и $\max M$ при следующих данных: $P = 4 \text{ кН}$, $q = 1 \text{ кН/м}$, $M_0 = 6 \text{ кНм}$, $a = 1 \text{ м}$. Подобрать из условия прочности по нормальным напряжениям $[\sigma] = 16 \text{ кН/см}^2$ балку круглого поперечного сечения и проверить прочность балки по касательным напряжениям при допуске касательном напряжении $[\tau] = 8 \text{ кН/см}^2$.



Описание технологии проведения. Проводится на практическом занятии, время проведения 2 часа. Результаты предоставляются на проверку в письменном виде.

Критерии и шкалы оценивания

Оценка	Критерии оценок
Отлично	Правильное решение задачи. Получены основные характеристики объектов
Хорошо	Правильное решение задачи. Получены основные характеристики объектов, но есть некоторые ошибки.
Удовлетворительно	Неправильное решение задачи, но верно выбран метод решения.
Неудовлетворительно	Неправильное решение задачи, причем неверно выбран метод решения.

20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: Комплект КИМ.

Вопросы к экзамену

1. Задачи предмета «Сопротивление материалов». Рабочие гипотезы.
2. Понятие о напряжениях, деформациях, перемещениях. Закон Гука.
3. Связь между напряжениями и внутренними силовыми факторами.
4. Внутренние силовые факторы и метод их определения. Связь между напряжениями и внутренними силовыми факторами.
5. Диаграмма растяжения. Механические характеристики материалов. Допускаемые напряжения.
6. Расчеты на прочность и жесткость при осевом растяжении - сжатии. Внутренние силы. Допускаемые напряжения.
7. Потенциальная энергия деформации при осевом растяжении - сжатии.
8. Напряжения по наклонным площадкам при осевом растяжении - сжатии.

9. Главные площадки и главные напряжения. Напряжения по наклонным площадкам при плоском напряженном состоянии.
10. Виды напряженного состояния. Теории (гипотезы) прочности и их применение.
11. Напряжения и деформации при плоском напряженном состоянии.
12. Обобщенный закон Гука.
13. Графическое определение напряжений при плоском напряженном состоянии.
14. Опытные данные о скручивании стержней круглого поперечного сечения.
15. Вывод формулы для касательных напряжений при кручении.
16. Напряжения и деформации при кручении. Вывод формулы.
17. Условия прочности и жесткости при кручении. Построение эпюр крутящего момента и углов закручивания.
18. Потенциальная энергия деформации при кручении.
19. Статически неопределимые системы. Расчет по допускаемым напряжениям и разрушающим нагрузкам.
20. Статически неопределимые системы. Простейшие виды систем растяжения - сжатия.
21. Статически неопределимые системы. Особенности работы статически неопределимых систем.
22. Геометрические характеристики плоских сечений. Главные оси и главные моменты инерции.
23. Изменение моментов инерции при повороте и параллельном переносе осей.
24. Геометрические характеристики простейших сечений. Вычисление главных центральных моментов инерции сложных фигур.
25. Определение внутренних силовых факторов при прямом поперечном изгибе.
26. Основные правила построения и контроля построения эпюр внутренних силовых факторов при прямом поперечном изгибе.
27. Нормальные напряжения при изгибе. Вывод формулы.
28. Дифференциальные зависимости при изгибе. Вывод формул. Показать их использование на примере.
29. Условия прочности при изгибе по нормальным напряжениям. Рациональные сечения балок при изгибе.
30. Касательные напряжения при поперечном изгибе.
31. Нормальные и касательные напряжения при изгибе.
32. Условия прочности при изгибе.
33. Перемещения при изгибе. Дифференциальное уравнение изогнутой оси балки.
34. Определение перемещений при изгибе. Условия жесткости.
35. Определение перемещений при изгибе методом начальных параметров.
36. Теоремы о взаимности работ и о взаимности перемещений.
37. Энергетические методы определения перемещений при изгибе. Интеграл Мора. Правила использования интеграла Мора для определения перемещений. Пример расчета.

Критерии и шкалы оценивания

Оценка "отлично"	Полные и точные ответы на 2 вопроса экзаменационного билета; свободное владение основными терминами и понятиями курса; последовательное и логичное изложение материала курса; законченные выводы и обобщения по теме вопросов; исчерпывающие ответы на вопросы при сдаче экзамена;
------------------	--

Оценка "хорошо"	Полные и точные ответы на 2 вопроса экзаменационного билета; знание основных терминов и понятий курса; последовательное изложение материала курса; умение формулировать некоторые обобщения по теме вопросов; достаточно полные ответы на вопросы при сдаче экзамена;
Оценка "удовлетворительно"	Полные и точные ответы на 1 вопрос экзаменационного билета; удовлетворительное знание основных терминов и понятий курса; удовлетворительное знание и владение методами и средствами решения задач; недостаточно последовательное изложение материала курса; умение формулировать отдельные выводы и обобщения по теме вопросов;
Оценка "неудовлетворительно"	Полный и точный ответ на 1 вопроса экзаменационного билета и менее

Оценка промежуточной аттестации формируется как интегральная оценка по следующей формуле:

$$Q_{\text{промматтест}} = 0,5Q_{\text{текамтес}} + 0,5Q_{\text{зачет}}$$

При округлении оценки используется правило округления. При получении оценки менее 3 баллов - выставляется «не зачтено». Считается, что контрольная работа и лабораторные работы должны быть зачтены.

Студент, выполнивший в полном объеме программу курса (выполнено практическое задание с оценкой «отлично» и/или «хорошо» (лабораторные работы и контрольная работа зачтена) и имеющий посещаемость занятий 75% и более, на усмотрение преподавателя может быть освобожден от вопросов к зачету. В этом случае промежуточная аттестация осуществляется по текущей аттестации. Итоговая оценка в этом случае, выставляется как балл по практическому заданию.

20.3 Задания раздела 20.1 и 20.2 рекомендуются к использованию при проведении диагностических работ с целью оценки остаточных результатов освоения данной дисциплины (знаний, умений, навыков).