

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

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой

МиКМ

А.В. Ковалев

21.03.2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.О.31 Сопротивление материалов

1. Шифр и наименование направления подготовки/специальности:

01.03.03 Механика и математическое моделирование

2. Профиль подготовки/специализации: Компьютерный инжиниринг в механике сплошных сред

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	Способен использовать фундаментальные знания, полученные в области математических и естественных наук, в профессиональной деятельности	ОПК-1.2	Применяет системный подход и математические методы в формализации решения прикладных задач	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	Способен использовать методы физического моделирования и современное экспериментальное оборудование в профессиональной деятельности	ОПК-3.2	Использует методы физического моделирования и современное экспериментальное оборудование для получения необходимых данных	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
-------	---	---------	---	--

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
			№ 6
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:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК
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	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=8272

		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 параметров. Теоремы о взаимности работ и о	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=8272

		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	Практи ческие	СРС	Всего
1	Растяжение-сжатие	8	8	12	28
2	Кручение	8	8	12	28
3	Изгиб	16	16	20	52

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. К промежуточной аттестации, проводимой на последнем занятии, представляется реферат.

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	<u>Ивлев, Д.Д.</u> 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	<u>Ивлев, Д.Д.</u> 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 >.

б) дополнительная литература:

1	<u>Новожилов, В.В.</u> Теория упругости : монография / Новожилов В.В. – Москва : Политехника, 2012 .– 409 с. — Теория упругости [Электронный ресурс] / В.В. Новожилов. - 9-е изд., перераб. и доп. - СПб. : Политехника, 2012. — ISBN 5-7325-0956-4 .— <URL: https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785732509564.html >.
2	<u>Дубровский, В.Г.</u> Механика, термодинамика и молекулярная физика : сборник задач и примеры их решения : учебное пособие / Дубровский В.Г., Харламов Г.В. — Москва : НГТУ, 2015 .— 184 с. — Механика, термодинамика и молекулярная физика : сборник задач и примеры их решения [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Дубровский В.Г. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2015. — ISBN 5-7782-2686-9 .— <URL: https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778226869.html >.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
1.	Электронная библиотека ВГУ www.lib.vsu.ru
2.	Научно-образовательный центр при МИАН http://www.mi.ras.ru/
3.	Электронная библиотека механико-математического факультета МГУ http://lib.mexmat.ru/
4.	Научный форум http://dxdy.ru/
5.	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.

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

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины: Лекционная аудитория должна быть оборудована учебной мебелью, компьютером, мультимедийным оборудованием (проектор, экран, средства звуковоспроизведения), допускается переносное оборудование.

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

Для самостоятельной работы необходимы компьютерные классы, помещения, оснащенные компьютерами с доступом к сети Интернет.

Программное обеспечение: ОС Windows 8 (10), интернет-браузер (Chrome, Яндекс.Браузер, Mozilla Firefox), ПО Adobe Reader, пакет стандартных

офисных приложений для работы с документами, таблицами (MS Office, МойОфис, LibreOffice).

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
2.	Кручение	ОПК-1 ОПК-3	ОПК-1.2 ОПК-3.2	Собеседование
3.	Изгиб	ОПК-1 ОПК-3	ОПК-1.2 ОПК-3.2	Собеседование
Промежуточная аттестация форма контроля - экзамен				Комплект КИМ

20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

20.1 Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью собеседования:

Пример КИМ

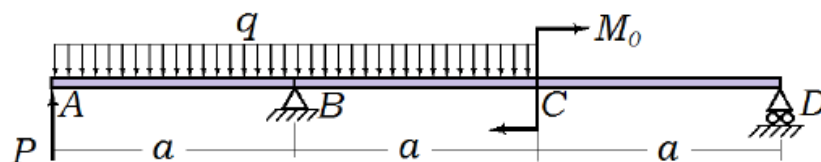
МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГБОУ ВПО «ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
зав. кафедрой МиКМ
проф. Ковалев А.В.
«7» декабря 20 г.

Направление подготовки: 010900 – механика
Экзамен по курсу: Сопротивление материалов

Контрольно-измерительный материал №1.

1. Задачи предмета «Сопротивление материалов». Рабочие гипотезы.
2. Геометрические характеристики простейших сечений. Вычисление главных центральных моментов инерции сложных фигур.
3. 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.



Доцент кафедры МиКМ  Чеботарев А.С.

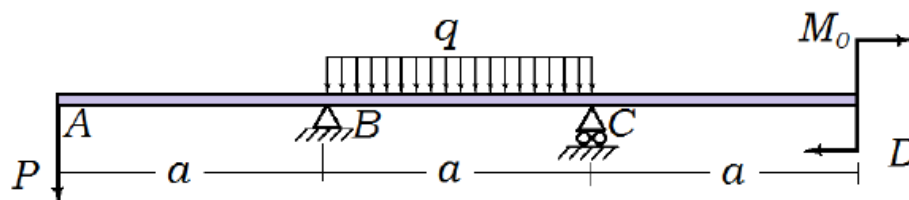
МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГБОУ ВПО «ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
зав. кафедрой МиКМ
проф. Ковалев А.В.
«7» декабря 2015г.

Направление подготовки: 010900 – механика
Экзамен по курсу: Сопротивление материалов

Контрольно-измерительный материал №8.

1. Напряжения по наклонным площадкам при осевом растяжении - сжатии.
2. Нормальные и касательные напряжения при изгибе.
3. 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, $a = 1$ м. Подобрать из условия прочности по нормальным напряжениям $[\sigma] = 16$ кН/см² балку круглого поперечного сечения и проверить прочность балки по касательным напряжениям при допускаемом касательном напряжении $[\tau] = 8$ кН/см².



20.2 Промежуточная аттестация

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

Вопросы к экзамену по курсу «Сопротивление материалов» 6 семестр

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. Условие 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. Условие 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.

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

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 ...

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

15. Статистический момент инерции относительно оси X равен:

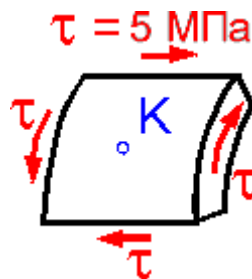
- ☐ $S_x = \int_F dF$
- ☐ $J_x = \int_F dF$

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

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?

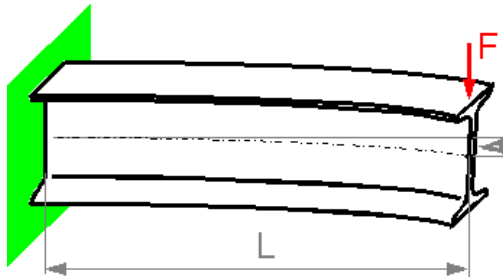


- ☐ 0 МПа
- ☐ 5 МПа
- ☐ 2.5 МПа
- ☐ 10 МПа

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

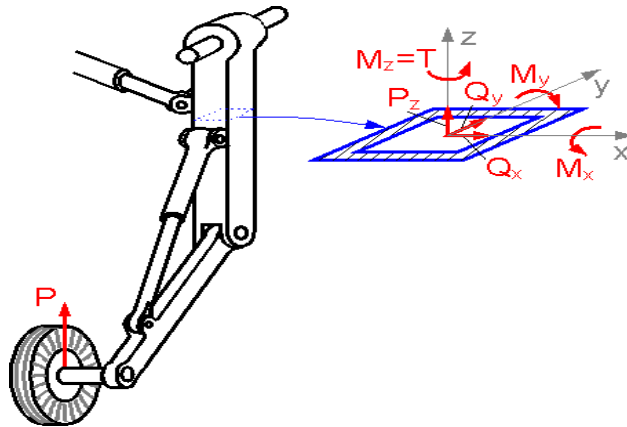
- ☐ $\Delta V = V(\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3)$
- ☐ $\Delta V = \varepsilon_1 \varepsilon_2 \varepsilon_3$
- ☐ $\Delta V/V = \varepsilon_1(1 - 2\mu)$
- ☐ $\frac{\Delta V}{V} = 3\varepsilon$
- ☐ $\Delta V/V = 2\varepsilon_2 + \varepsilon_1$

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:

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

Но так как

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

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.

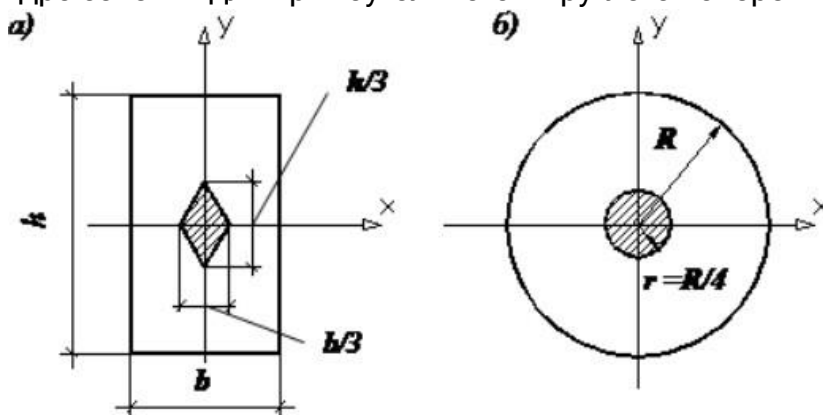
Принцип независимости действия сил - суммарный эффект от воздействия на тело нескольких сил равен сумме эффектов от каждой из этих сил по отдельности.

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:

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