

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)»

ОСНОВЫ СОПРОТИВЛЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ

Учебно-методическое пособие

Составитель С.А. МАКЕЕВ

Омск 2017

УДК 624.04

О-75

Согласно 436-ФЗ от 29.12.2010 «О защите детей от информации, причиняющей вред их здоровью и развитию» данная продукция маркировке не подлежит.

Рецензенты:

д-р техн. наук В.И. Сологаев (ОмГАУ);
д-р техн. наук С.В. Савельев (СибАДИ);
д-р техн. наук А.В. Бородин (ОмГУПС)

Работа утверждена научно-методическим советом направления «Строительство» в качестве учебно-методического пособия.

О-75 Основы сопротивления материалов [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / сост. С.А. Макеев. – Электрон. дан. – Омск : СибАДИ, 2017. –URL: http://bek.sibadi.org/cgi-bin/irbis64r_plus/cgiirbis_64_ft.exe. - Режим доступа: для авторизованных пользователей.

Даны начала сопротивления материалов и основные понятия. Приведены многочисленные примеры проверочных и проектных расчетов.

Имеет интерактивное оглавление в виде закладок. Содержит видеофрагменты обучающего и демонстрационного характера, которые воспроизводятся с помощью Windows Media.

Предназначено для обучающихся всех форм обучения по направлению «Строительство» и специальности «Строительство уникальных зданий и сооружений» как основа для самостоятельного изучения и освоения отдельных разделов курсов – «Сопротивление материалов», «Физико-механические основы расчетов строительных конструкций», «Вычислительные методы в строительстве».

Мультимедийное издание (450 КБ)

Системные требования: Intel, 3,4 GHz; 150 МБ; Windows XP/Vista/7;
DVD-ROM; 1 ГБ свободного места на жестком диске; программа для чтения pdf-файлов:
Adobe Acrobat Reader; Foxit Reader; Windows Media Player, колонки

Техническая подготовка Н.В. Кенжалинова

Издание первое. Дата подписания к использованию

Издательско-полиграфический комплекс СибАДИ. 644080, г. Омск, пр. Мира, 5
РИО ИПК СибАДИ. 644080, г. Омск, ул. 2-я Поселковая, 1

© ФГБОУ ВО «СибАДИ», 2017

Содержание	3
Введение	4
<u>Видео урок № 1. Понятие «Относительно оси» (длительность 30 минут)</u>	6
<u>Видео урок № 2 Учимся видеть нормальные и касательные напряжения (длительность 24 минуты)</u>	6
<u>Видео урок № 3. Классификация сил. Преобразование нагрузок (длительность 39 минут)</u>	6
<u>Видео урок № 4. Классификация опор. Расчетные схемы. Реальные объекты (длительность 48 минут)</u>	6
<u>Видео урок № 5. Изгиб балок. Нормальные и касательные напряжения Формула Журавского (длительность 1 час 32 минуты)</u> <u>Excel-файл видео сопровождения урока № 5</u>	7
<u>Видео урок № 6. Определение внутренних сил. Понятие напряжений. Внутренние силы как интегральные характеристики напряжений (основы метода сечений) (длительность 48 минут)</u> <u>Excel-файл видео сопровождения урока № 6</u>	7
<u>Видео урок № 7. Принцип Сен-Венана и его особенности (длительность 18 минут)</u> <u>Excel-файл видео сопровождения урока № 7</u>	7
<u>Видео урок № 8. Группы предельных состояний (длительность 24 минуты)</u> <u>Excel-файл видео сопровождения урока № 8</u>	7
Вопросы по оценке остаточных знаний	8
Список литературы	10
<u>Ссылка на справочные материалы</u>	
Видео по переводу технических единиц: <u>- 1 Н это сколько...?</u> <u>- 1 Па это много или мало?</u> <u>- Как перевести, например, 20 МПа в кгс/см2?</u>	

ВВЕДЕНИЕ

Электронное учебно-методическое пособие можно использовать для эффективной организации внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся при освоении основ теории и практики сопротивления материалов – науке о теоретических основах расчетов элементов конструкций на прочность, жесткость и устойчивость. Такое пособие по сравнению с традиционным электронным курсом, размещенным в системе дистанционного обучения вуза, имеет ряд преимуществ: неограниченный доступ, возможность использования в условиях подключения к сети Интернет, удобная для восприятия форма в виде видео уроков.

Целью пособия является ознакомление обучающихся простыми приемами расчета типовых, наиболее часто встречающихся элементов конструкций зданий и сооружений.

Материал пособия предназначен для обучающихся всех форм обучения по направлению «Строительство» и специальности «Строительство уникальных зданий и сооружений» как основа для самостоятельного изучения и освоения отдельных разделов курсов – «Сопротивление материалов», «Физико-механические основы расчетов строительных конструкций», «Вычислительные методы в строительстве».

В ходе знакомства с учебным материалом, представленным в видео уроках перед обучающимися ставятся следующие задачи:

1. Познакомиться с принципами построения, функциональными возможностями и особенностями организации информационного, технического и программного обеспечения, используемого при решении инженерных и научных задач в строительстве;
2. Приобретение обучающимися навыков применения современных информационных технологий и программных комплексов в практике расчетов элементов конструкций.
3. Практическое освоение теоретических разделов по расчету простых и сложных видов загружения элементов строительных конструкций.
4. Закрепление навыков использования справочной и нормативной литературы и средств вычислительной техники.

В результате изучения учебного материала содержащегося в видео курсе обучающийся будет:

Знать:

- основные понятия и законы в сопротивлении материалов;
- методы расчета инженерных конструкций на прочность, жесткость и устойчивость для любого вида напряженно-деформированного состояния тела при действии статических и динамических нагрузок;
- основные виды напряженно-деформированного состояния тела: растяжение-сжатие, сдвиг, кручение, изгиб, сложное сопротивление;
- методы расчета сжатых стержней на устойчивость;

- методы расчета статически неопределеных систем.
- основы компьютерного моделирования строительных конструкций.

Уметь:

- назначать расчетную схему, различать понятия «внешних» и «внутренних» сил;
- определять величины внутренних сил и строить их эпюры для различных видов напряженно-деформированного состояния;
- производить расчеты на прочность и жесткость, определять размеры детали из условия прочности и жесткости;
- распознавать виды деформаций; использовать расчетные формулы для определения напряжений и деформаций при любых видах нагружения; провести проектные и проверочные расчеты;
- решать типовые задачи при простых видах нагружения;
- давать оценку прочности существующей конструкции;
- определять предельно-допустимые нагрузки;
- подбирать необходимые размеры элементов и выбрать подходящие материалы, обеспечивающие их прочность и экономичность;
- проводить оптимизацию элементов конструкций;
- исследовать устойчивость элементов и конструкций в целом, определять величины критической и допускаемой нагрузки;
- планировать исследования и обрабатывать результаты с использованием современных компьютерных технологий;
- работать со справочной и научной литературой;
- обрабатывать полученную в ходе исследований информацию, анализировать и осмысливать ее с учетом задач исследований.

Владеть:

- приемами расчета типичных, наиболее часто встречающихся элементов конструкций;
- навыком определения внутренних сил методом сечений;
- методиками вычисления эквивалентных напряжений с использованием гипотез прочности;
- методами определения размеров поперечного сечения стержня из условия прочности по допускаемым напряжениям и расчетным сопротивлением материалов;
- навыком проверки правильности построения эпюр с использованием дифференциальных зависимостей между изгибающим моментом, поперечной силой, углами поворота сечений и перемещениями;
- техникой и практическими навыками разработки физических и математических, в том числе компьютерных моделей строительных конструкций;
- программами расчета конструкций на прочность и жесткость.

Электронное учебно-методическое пособие «Основы сопротивления материалов»

В электронном учебно-методическом пособии, состоящем из 8 видео уроков и 4 Excel-файлов видео сопровождения, даны начала сопротивления материалов – науки о прочности и жесткости элементов инженерных конструкций. Даются основные понятия о системе координат, о технике видения напряжений, об основах сбора нагрузок, о классификации опор.

В видео дан обзор реальных узлов и конструкций.

Краткое содержание электронного учебно-методического пособия

[Видео урок № 1. Понятие «Относительно оси».](#)

Видео урок позволяет освоить понятие «относительно оси» (все геометрические характеристики сечений стержней имеют индексы осей системы координат - момент инерции сечения относительно оси J_x, J_y , момент сопротивления сечения относительно оси W_x, W_y , радиус инерции i_x, i_y , гибкость, все внутренние силы также имеют индексы осей Q_y, Q_x, M_x, M_y, M_z), учит определять нормальные и касательные напряжения при любом загружении конструкций. В видео дается понятие о «правой» и «левой» системах координат. Даётся материал, позволяющий научиться «видеть» внутренние силы, углы поворота сечений, видеть их знаки.

[Видео урок № 2. Учимся видеть нормальные и касательные напряжения](#)

Приведены техники визуализации нормальных и касательных напряжений в нагруженных конструкциях.

[Видео урок № 3. Классификация сил. Преобразование нагрузок.](#)

Видео урок представляет принятую в механике классификацию сил с 3D визуализацией. На ряде примеров рассмотрены варианты преобразования распределенных по площади нагрузок в погонные (распределенные по линии), сосредоточенные и наоборот. Пояснена технология сбора равномерно распределенной снеговой нагрузки на ригели покрытия.

[Видео урок № 4. Классификация опор. Расчетные схемы. Реальные объекты.](#)

В видео дана классификация принятых в механике опор, и объясняются реальные схемы закрепления стальных, железобетонных колонн, балок. Представлена 3D визуализация опорных узлов балок, колонн.

[Видео урок № 5. Изгиб балок. Нормальные и касательные напряжения. Формула Журавского.](#)

[Excel-файл видео сопровождения урока № 5.](#)

Вideo уроки позволяют освоить технику определения нормальных и касательных напряжений в изгибающихся элементах. Нормальные, касательные напряжения. Дан подробный анализ формулы Журавского.

[Видео урок № 6. Определение внутренних сил \(основы метода сечений\). Понятие напряжений. Внутренние силы как интегральные характеристики напряжений.](#)

[Excel-файл видео сопровождения урока № 6.](#)

Урок дает пошаговую технику определения внутренних сил методом сечений (полное, нормальное, касательное напряжение, интегральные характеристики напряжений - поперечные силы, продольная сила, изгибающие моменты, крутящий момент).

[Видео урок № 7. Принцип Сен-Венана и его особенности.](#)

[Excel-файл видео сопровождения урока № 7.](#)

Показывает приложение принципа Сен-Венана к задачам сопротивления материалов - о корректности расчета напряжений в опорных узлах и узлах приложения нагрузок.

[Видео урок № 8. Понятие «Группы предельных состояний».](#)

[Excel-файл видео сопровождения урока № 8.](#)

Рассматривает общее понятие групп предельных состояний в расчетах строительных конструкций, первая и вторая группы предельных состояний.

Необходимые исходные данные и справочная, нормативная литература [представлены здесь.](#)

Для приобретения практических навыков в переводе технических единиц рекомендуется изучить следующие видеоматериалы:

[- 1 Н это сколько...?](#)

[- 1 Па это много или мало?](#)

[- Как перевести, например, 20 МПа в кгс/см²?](#)

Вопросы по оценке остаточных знаний

1. Какие внутренние усилия возникают при поперечном изгибе?
2. Что представляют собой эпюры изгибающего момента и поперечной силы?
3. В каком порядке строятся эпюры изгибающего момента и поперечной силы?
4. Какие дифференциальные зависимости существуют между изгибающим моментом, поперечной силой и распределенной нагрузкой?
5. По каким законам изменяются поперечная сила и изгибающий момент при отсутствии и при наличии распределенной нагрузки?
6. В каких точках возникают “скачки” на эпюрах Q и M ?
7. В каких точках возникают экстремальные значения изгибающего момента?
8. Что называется чистым изгибом?
9. Как распределяются нормальные напряжения по высоте сечения балки?
10. По какой формуле определяются нормальные напряжения при поперечном изгибе?
11. Какой вид имеет условие прочности при изгибе?
12. Какие основные типы задач рассматриваются при изгибе?
13. Как определяются касательные напряжения при поперечном изгибе?
14. Как распределяются касательные напряжения по высоте сечения балки?
15. Какой вид имеет дифференциальное уравнение изогнутой оси балки?
16. Назовите виды внешних сил, приведите примеры?
17. Перечислите внутренние силовые факторы при поперечном изгибе балки и приведите их определения?
18. Что называют внутренними силами?
19. Как определяют внутренние силы?
20. Являются ли реакции опор внутренними усилиями?
21. Зачем строят график распределения внутренних сил (эпюры)?
22. В чем заключается метод сечения? Какова цель применения метода сечений? Укажите последовательность операций при использовании метода сечений?
23. Запишите дифференциальные зависимости, которые используются для проверки правильности построения эпюр?
24. С какими внутренними силовыми факторами, связано возникновение в поперечном сечении бруса нормальных напряжений и с какими - касательных напряжений?
25. Как вычисляются продольная и поперечная силы в сечении?
26. Как вычисляется изгибающий момент?
27. Какие типы опор применяются для закрепления балок к основанию?

28. Какие уравнения используют для определения опорных реакций?
29. Как проверить правильность определения реакций?
30. Можно ли для двухпорной балки определить внутренние усилия без вычисления реакций опор?
31. Почему при построении эпюр Q , M для балки, защемлённой одним концом, можно не определять реакции опоры?
32. Какая дифференциальная зависимость связывает q , Q и M ?
33. С какой целью вводится понятие “напряжение”. Определение напряжений, их виды.
34. Связь каких величин устанавливает закон Гука? Каков физический смысл модуля E ?
35. Что такое деформация? Какие деформации называют упругими, и какие пластичными (остаточными)?
36. Что называется напряжением в данной точке сечения тела? На какие две составляющие может быть разложен вектор полного напряжения?
37. Что называется прочностью, жесткостью и устойчивостью детали (конструкции)?
38. Какие силы называются внешними, поверхностными, объемными?
39. Каковы единицы измерения сосредоточенных сил, моментов, погонной нагрузки?
40. В чем заключается принцип независимости действия сил?
41. Расскажите о принципе Сен-Венана?
42. Что называется расчетной схемой конструкции и чем она отличается от реального объекта?
43. Дайте определение стержня, пластины, оболочки, массивного тела?
44. В чем заключается сущность расчета на прочность, на жесткость и на устойчивость?
45. По каким признакам и как классифицируются нагрузки в сопротивлении материалов?
46. Каковы размерности сосредоточенных сил и моментов, а также интенсивностей распределенных нагрузок?
47. Что называется касательным, нормальным напряжением?

Библиографический список

1. Варданян, Г. С. Сопротивление материалов с основами строительной механики : учебник / Г. С. Варданян, Н. М. Атаров, А. А. Горшков ; под ред. Г. С. Варданяна, Н. М. Атарова. – 2-е изд., испр. – М. : Инфра-М, 2015. – 416 с.
2. Рылько, М. А. Компьютерные методы проектирования зданий : учебное пособие / М. А. Рылько. – М. : АСВ, 2012. – 224 с.
3. Талапов, В. В. Основы BIM : введение в информационное моделирование зданий : учебное пособие. – М. : ДМК, 2011. – 392 с.
4. СП 16.13330.2011. Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81. – Введ. 2011-05-20. – М. : ОАО ЦПП, 2011. – 178 с.
5. Пособие по проектированию стальных конструкций к СНиП II-23-81. – М. : 1989.
6. СП 20.13330.2011. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85. – Введ. 2011-05-20. – М. : ОАО ЦПП, 2011. – 96 с.