

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»**

**(ФГАОУ ВО «МГТУ»)**

**Методические указания  
к самостоятельной работе студентов**

**Сопротивление материалов**

(для всех специальностей и форм обучения)

Разработчик

Челтыбашев А.А., доцент

## Оглавление

1. Общие организационно-методические указания .....	3
2. Наименование тем и содержание самостоятельной работы .....	4
3. Список рекомендуемой литературы .....	5
4. Методические указания к изучению тем дисциплины .....	6

## **1. Общие организационно-методические указания**

1.1. Самостоятельная работа проводится вне сетки расписания студентами самостоятельно на базе имеющегося библиотечного фонда и доступных электронных ресурсов на сайте МГТУ [www.mstu.edu.ru](http://www.mstu.edu.ru)

1.2. Целями самостоятельной работы являются: углубление практических навыков по изучаемым в сетке расписания вопросам и самостоятельное изучение ряда теоретических и практических вопросов, не изучавшихся на занятиях в сетке расписания.

1.3. Самостоятельная работа является неотъемлемой частью изучения дисциплины, так как общий объём её изучения в часах определяется с учётом объёма самостоятельной работы.

1.4. Важнейшим фактором успешного и эффективного проведения самостоятельной работы является её систематический и планомерный характер в соответствии с тематическим планом.

1.5. Настоящие методические указания предназначены для руководства в проведении самостоятельной работы и для оценки степени её эффективности.

1.6. В настоящих указаниях представлены темы, изучаемые студентами в процессе аудиторных занятий, а также некоторые дополнительные вопросы для более глубокого изучения дисциплины.

1.7. Дополнительные методические указания и разъяснения по конкретным вопросам могут быть получены непосредственно у преподавателя в часы индивидуальных вечерних консультаций.

## 2. Наименование тем и содержание самостоятельной работы

1. Введение. Предмет и задачи курса СМ, его связь с общетехническими дисциплинами. Критерии работоспособности деталей машин. Основные гипотезы и допущения СМ. Реальные объекты и расчетные схемы. Нагрузки, действующие на элементы конструкций.
2. Внутренние силовые факторы (ВСФ). Метод сечений. Эпюры ВСФ.
3. Понятие о напряжениях и деформациях. Типы простых деформаций. Зависимость между деформациями и напряжениями. Закон Гука.
4. Расчеты на прочность и жесткость при основных видах нагружения и сложном сопротивлении Осевое растяжение и сжатие. Эпюра продольной силы. Определение напряжений, деформаций и перемещений.
5. Механические характеристики материалов. Диаграммы растяжения, сжатия, напряжений. Сравнительная характеристика механических свойств пластичных и хрупких материалов. Выбор допускаемых напряжений.
6. Сдвиг. Основные понятия. Напряжения и деформации при сдвиге. Закон Гука. Допускаемые напряжения сдвига (скалывания, среза). Расчет на прочность заклёпочных и сварных соединений.
7. Геометрические характеристики плоских сечений. Осевой, полярный и центробежный моменты инерции. Моменты инерции простейших фигур.
8. Кручение стержней круглого сечения. Эпюра крутящего момента. Напряжения и деформации при кручении. Условия прочности и жёсткости. Расчет валов и тонкостенных оболочек.
9. Плоский изгиб. Внутренние силовые факторы при изгибе. Построение эпюр поперечной силы и изгибающего момента. Нормальные напряжения при плоском изгибе. Перемещения при изгибе. Расчет на прочность при изгибе.
10. Сложное напряженное состояние. Понятие о теориях прочности.
11. Сложное сопротивление. Основные понятия. Изгиб с кручением. Расчет вала на совместное действие кручения и изгиба.
12. Устойчивость сжатых стержней и оболочек. Основные понятия. Формулы Эйлера и Ясинского. Расчет на устойчивость.

### 3. Список рекомендуемой литературы

1. Беляев Н.М. Сопротивление материалов. - М., Наука, 1986.-608 с.
2. Феодосьев В.М. Сопротивление материалов: учеб. для вузов / В. И. Феодосьев. - 10-е изд., перераб. и доп. - Москва : МГТУ им. Н. Э. Баумана , 1999. - 592 с.
3. Степин, П. А. Сопротивление материалов: учебник / П. А. Степин. - Изд. 13-е, стер. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2014. - 319 с.
4. Дарков, А. В. Сопротивление материалов: учеб. для студентов высш. техн. учеб. заведений : репр. изд. / А. В. Дарков, Г. С. Шпиро. - Изд. 5-е, перераб. и доп. - Москва : Альянс, 2014. - 622, [2] с.
5. Александров А.В. Сопротивление материалов : учебник для вузов / А. В. Александров, В. Д. Потапов, Б. П. Державин; под ред. А. В. Александрова. - 4-е изд., испр. - Москва : Высш. шк., 2004. - 560 с.
6. Махорин Н.И. . Руководство к решению задач по сопротивлению материалов. - Мурманск, МГАРФ, 1992.- 199 с.
7. Суднин В.М. Основы расчетов на прочность, жесткость и устойчивость. - Мурманск, МГАРФ, 1995.- 180с.
8. Сопротивление материалов: пособие по решению задач / И. Н. Миролубов [и др.]. - Изд. 6-е, перераб. и доп. - Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2004. - 508 с.
9. Афанасьев А.М., Марьин В.А. Лабораторный практикум по сопротивлению материалов. - М., Наука, 1975.-288 с.
10. Ободовский Б.А., Ханин С.Е. Сопротивление материалов в примерах и задачах. - Харьков, Изд-во Харьк. ун-та, 1971.-312 с.

#### 4. Методические указания к изучению тем дисциплины

1. Введение. Предмет и задачи курса СМ, его связь с общетехническими дисциплинами. Критерии работоспособности деталей машин. Основные гипотезы и допущения СМ. Реальные объекты и расчетные схемы. Нагрузки, действующие на элементы конструкций. Следует обратить внимание на методы, используемые в курсе СМ, для обоснования выбора расчетных моделей реальных тел и конструкций. [1], стр. 15-25, [2], стр. 9-29, [3], стр.4-18, [4], стр.4-18.

##### Контрольные вопросы:

В чем состоят задачи расчетов на прочность? на жесткость? на устойчивость?

При каких условиях для реальных тел можно использовать модели бруса, пластины, оболочки, массива?

Что представляет собой расчетная схема сооружения и чем она отличается от действительного сооружения?

По каким признакам и как классифицируются нагрузки?

Что представляет собой интенсивность распределенной нагрузки?

2. Внутренние силовые факторы (ВСФ). Метод сечений. Эпюры ВСФ. Необходимо усвоить основные положения метода сечений, а также правила знаков, используемые при построении эпюр продольных сил, крутящих моментов, поперечных сил и изгибающих моментов. Уметь осуществлять контроль правильности построения эпюр, знать и уметь использовать теорему Д.И. Журавского. Уяснить правила построения эпюр В.С.Ф для статически определимых составных балок и плоских рам. [1], 160,199-211, [2], стр.33, 133, 93, [3], стр.22,109,132-138.

##### Контрольные вопросы:

Какие случаи деформации бруса называются центральным растяжением?

Как вычисляется значение продольной силы в произвольном поперечном сечении бруса?

Что представляет собой эпюра продольных сил и как она строится?

Какой вид имеют эпюры продольных сил для бруса, нагруженного несколькими осевыми сосредоточенными силами и равномерно распределенной осевой нагрузкой?

Как распределены нормальные напряжения в поперечных сечениях

центрально-растянутого или центрально-сжатого бруса и чему они равны?

3. Понятие о напряжениях и деформациях. Типы простых деформаций. Зависимость между деформациями и напряжениями. Закон Гука. Следует изучить зависимость линейной деформации от величины нормальных напряжений и характеристик материала. Обратить внимание на изменение поперечных размеров стержней при их продольной деформации. [2], стр.22 - 29.

Контрольные вопросы:

Как формулируется закон Гука?

Что называется модулем упругости материала и какова его размерность?

Отличие между абсолютным и относительным удлинением? Их размерности.

Гипотеза плоских сечений при одноосном растяжении и сжатии.

Зависимость между продольной и поперечной деформациями.

4. Расчеты на прочность и жесткость при основных видах нагружения и сложном сопротивлении. Осевое растяжение и сжатие. Эпюра продольной силы. Определение напряжений, деформаций и перемещений. Необходимо уяснить, что такое жесткость, почему кроме расчете на прочность необходимо проводить расчет на жесткость. При рассмотрении условия прочности, обратить внимание на допускаемое напряжение для материала, понимать как оно получается. Что такое опасное напряжение, каким оно принимается для пластичных и хрупких материалов. Что такое коэффициент запаса прочности, как он принимается. [5] стр. 22 – 29, 47 – 67, [7] стр. 160 – 166, [6] стр. 5 – 19.

Контрольные вопросы:

Запишите условие прочности материала при растяжении – сжатии.

Какие три типа задач можно решать с использованием условия прочности при растяжении – сжатии?

Что такое жесткость конструкции, от каких факторов она зависит при растяжении – сжатии?

Что такое допускаемое напряжение, как оно определяется?

Сформулируйте гипотезу плоских сечений.

Как выбирается коэффициент запаса прочности?

5. Механические характеристики материалов. Диаграммы растяжения, сжатия, напряжений. Сравнительная характеристика механических свойств пластичных и хрупких материалов. Выбор допускаемых напряжений.

Необходимо иметь представление о механических характеристиках пластичных и хрупких материалов, характере деформаций и разрушения при испытаниях образцов на растяжение и сжатие, рассмотреть механизм образования наклепа в материале, влияние анизотропии, а также влияние температуры и времени действия нагрузки на механические свойства материалов. [1], стр.39-63 [2], стр.58-85, [3], стр.30-47, [4], стр.33.

Контрольные вопросы:

Что такое условная диаграмма напряжений?

Показать на диаграмме предел прочности, предел текучести, предел упругости и предел пропорциональности.

Чем отличается диаграмма истинных напряжений от диаграммы условных напряжений?

Чем отличается диаграмма растяжения хрупких материалов?

Что такое  $\sigma_{0,2}$  ?

6. Сдвиг. Основные понятия. Напряжения и деформации при сдвиге. Закон Гука. Допускаемые напряжения сдвига (скалывания, среза). Расчёт на прочность заклёпочных и сварных соединений. Уяснить, какие конструкции и при каком нагружении работают в условиях чистого сдвига, а также рассмотреть методику расчета сварных и заклёпочных соединений. [1], стр. 122,147-154, [3], стр.83-86, [4], стр.121-128.

Контрольные вопросы:

Какой случай плоского напряженного состояния называется чистым сдвигом?

Что представляют собой площадки чистого сдвига?

Какая зависимость имеет место между нормальными напряжениями по двум взаимно перпендикулярным площадкам при чистом сдвиге?

Напишите выражение закона Гука при сдвиге.

Докажите, что при чистом сдвиге объёмная деформация равна нулю.

Приведите примеры конструкций, работающих в условиях сдвига.

7. Геометрические характеристики плоских сечений. Осевой, полярный и центробежный моменты инерции. Моменты инерции простейших фигур. Обратить внимание на зависимости между моментами инерции при параллельном переносе осей и при повороте осей. [1], стр.169,227-244, [2], стр. 121-128, [3], стр.93-103, [4], стр.135-154.

Контрольные вопросы:

Что называется статическим моментом сечения относительно оси?

Что называется осевым, полярным и центробежным моментами



инерции сечения?

В каких единицах выражается статический момент сечения?

Какая зависимость существует между статическими моментами относительно двух параллельных осей?

Чему равен статический момент относительно оси, проходящей через центр тяжести сечения?

Как определяются координаты центра тяжести простого и сложного (составного) сечений?

8. Кручение стержней круглого сечения. Эпюра крутящего момента. Напряжения и деформации при кручении. Условия прочности и жёсткости. Расчет валов и тонкостенных оболочек. Обратить внимание на различия в положениях теорий кручения стержней круглого, некруглого сечений, тонкостенных замкнутых и разомкнутых профилей. [1], стр. 160-181, [2], стр.89-111, [3], стр.109-129, [4], стр.166-191.

Контрольные вопросы:

При каком нагружении прямой брус испытывает деформацию кручения?

Как вычисляется скручивающий момент, передаваемый шкивом, по заданной мощности и числу оборотов в минуту?

Перечислите предпосылки теории кручения прямого бруса круглого поперечного сечения.

Какие напряжения возникают в поперечном сечении круглого бруса при кручении и как они направлены?

Выведите формулу для определения напряжений в поперечном сечении скручиваемого круглого бруса.

9. Плоский изгиб. Внутренние силовые факторы при изгибе. Построение эпюр поперечной силы и изгибающего момента. Нормальные напряжения при плоском изгибе. Перемещения при изгибе. Расчет на прочность при изгибе. Уяснить, для каких сечений необходимо в расчетах определять центр изгиба и почему. Обратить особое внимание на графоаналитическую интерпретацию универсального уравнения упругой линии балки. [1], стр.214-268, 276-301, [2], стр.165-169, [3], стр.140-161, 164-197, [4], стр.239-277, 287-294.

Контрольные вопросы:

Какой вид деформации бруса называют изгибом?

Что такое силовая плоскость, силовая линия?

В каких случаях изгиб следует считать плоским? пространственным? прямым? косым?

Какие внутренние силовые факторы в общем случае возникают в поперечном сечении бруса при изгибе? Как определить их величину?

Какой изгиб называют чистым? поперечным?

Почему точное дифференциальное уравнение изогнутой оси балки можно заменить приближенным уравнением?

Выведите основное дифференциальное уравнение изогнутой оси балки.

Какая дифференциальная зависимость существует между прогибами и углами поворота сечений балки?

Из каких условий определяются постоянные интегрирования, входящие в уравнение углов поворота и прогибов сечений балки?

10. Сложное напряженное состояние. Понятие о теориях прочности. Следует понять необходимость создания теорий прочности, непосредственную связь теорий прочности с конкретными задачами СМ, усвоить понятия «предельное состояние», «эквивалентное напряжение», иметь представление о «классических» и современных теориях прочности. [1], стр.127-145, [2], стр. 292-316, [3], стр.221-231, [4], стр.340-350.

Контрольные вопросы:

Что называется опасным состоянием материала? Чем характеризуется наступление опасного состояния для пластичных и хрупких материалов?

Какая точка тела называется опасной?

Что называется допустимым напряженным состоянием?

Почему причина опасного состояния не имеет значения для расчетов на прочность при одноосном напряженном состоянии?

Почему определение прочности в случаях сложного (плоского или пространственного) напряженного состояния приходится производить на основе результатов опытов, проводимых при одноосном напряженном состоянии?

Что представляют собой теории прочности?

11. Сложное сопротивление. Основные понятия. Изгиб с кручением. Расчет вала на совместное действие кручения и изгиба. Усвоить общую методику решения задач сложного сопротивления, основанную на принципах независимости действия сил и суперпозиции напряжений, вызываемых действием отдельных нагрузок, уметь грамотно использовать теории прочности для оценки напряженно-деформированного состояния в

расчетах на прочность при сложном сопротивлении. [1], стр.354-391, [2], стр.173-176, [3], стр. 236-258, [4], стр. 355-389.

12. Устойчивость сжатых стержней и оболочек. Основные понятия. Формулы Эйлера и Ясинского. Расчет на устойчивость. Уяснить пределы применимости формулы Эйлера, понятия «предельная гибкость», «коэффициент продольного изгиба», исследовать влияние способов закрепления стержня на величину его гибкости. [1], стр.447-472, [2], стр. 413-450, [3], стр.264-281, [4], стр.483-496.

Какой изгиб называется косым?

Может ли балка круглого поперечного сечения испытывать косой изгиб?

Что называется чистым косым изгибом и поперечным косым изгибом?

Сочетанием каких видов изгиба является косой изгиб?

По каким формулам определяются нормальные напряжения в поперечных сечениях бруса при косом изгибе? Как устанавливаются знаки этих напряжений? Выведите соответствующие формулы.

Как определяются касательные напряжения в поперечных сечениях балки при косом изгибе?