

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»

УТВЕРЖДАЮ  
Первый проректор  
ГГТУ им. П.О. Сухого

\_\_\_\_\_ О.Д.Асенчик  
\_\_\_\_\_ 01.07. \_\_\_\_\_ 2021

Регистрационный № УД– 24 – 54 /уч.

## СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ

Учебная программа учреждения высшего образования  
по учебной дисциплине для специальности:

1-53 01 06 «Промышленные роботы и робототехнические комплексы»

2021 г.

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта РБ «ОСВО 1-53 01 06 -2019 Высшее образование. Первая ступень. Специальность 1-53 01 06 «Промышленные роботы и робототехнические комплексы», учебного плана специальности 1-53 01 06 «Промышленные роботы и робототехнические комплексы» специализации 1-53 01 06 01 «Промышленные роботы и робототехнические комплексы в машиностроении» № I 53-1-05/уч.05.02.2020.

### **СОСТАВИТЕЛЬ :**

М.И. Михайлов, заведующий кафедрой «Робототехнические системы», учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», доктор технических наук, профессор

### **РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

А.А. Кафанов – директор ОАО «Гомельский завод станочных узлов»;  
В.В. Пинчук – заведующий кафедрой «Нефтегазоразработка и гидроавтоматика», доктор технических наук, доцент

### ***РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:***

Кафедрой «Робототехнические системы» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», (протокол № 9 от 18.05.2021);

Научно-методическим советом машиностроительного факультета учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» (протокол № 5 от 07.06.2021); УД-РТ-002/уч.

Научно-методическим советом учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» (протокол № 6 от 30.06.2021).

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Учебная программа по дисциплине «Соппротивление материалов» составлена на основании образовательного стандарта РБ «ОСВО 1-53 01 06 - 2019 Высшее образование. Первая ступень. Специальность 1-53 01 06 «Промышленные роботы и робототехнические комплексы», учебного плана специальности 1-53 01 06 «Промышленные роботы и робототехнические комплексы» специализации 1-53 01 06 01 «Промышленные роботы и робототехнические комплексы в машиностроении»

Цель учебной дисциплины - обеспечение теоретической и практической подготовки в области сопротивления материалов, развитие инженерного мышления.

Задачами дисциплины «Соппротивление материалов» являются: овладение теоретическими основами и практическими методами расчетов на прочность, жесткость и устойчивость элементов конструкций и машин; ознакомление с современными подходами к расчету сложных систем и элементами рационального проектирования конструкций.

Дисциплина базируется на знаниях, получаемых студентами из курсов математики, физики, теоретической механики.

Знания и умения, полученные студентами при изучении данной дисциплины, необходимы для освоения дисциплин специализации, связанных с проектированием роботов и робототехнических систем, таких как: «Расчет и конструирование роботов», а также выполнении студентами курсовых проектов, научно-исследовательских работ, дипломного проекта.

В результате освоения учебной дисциплины « Соппротивление материалов» студент должен:

**знать:**

- основные соотношения для расчетов деталей и конструкций на прочность, жесткость и устойчивость;

**уметь:**

- рассчитывать детали и конструкции на прочность, жесткость и устойчивость;

**владеть:**

- методикой расчетов деталей и конструкций на прочность, жесткость и устойчивость;

Освоение данной учебной дисциплины обеспечивает формирование следующей базовой профессиональной компетенции:

- уметь рассчитывать детали и конструкции на прочность, жесткость и устойчивость;

А также развивает ряд профессиональных компетенций:

- Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.

- Владеть системным и сравнительным анализом.

- Уметь работать самостоятельно.

- Быть способным порождать новые идеи (обладать креативностью).

- Иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером.
- Обладать навыками устной и письменной коммуникации.
- Уметь учиться, повышать свою квалификацию в течение всей жизни.
- Уметь работать в команде.

Дисциплина «Сопротивление материалов» связана с дисциплинами, «Расчет и конструирование роботов» и «Проектирование оборудования роботизированного производства».

Форма получения высшего образования: дневная.

На изучение учебной дисциплины «Сопротивление материалов» отведено всего 130 часов.

Трудоемкость учебной дисциплины, выраженная в зачетных единицах, составляет 3 зачетные единицы.

Распределение аудиторного времени по видам занятий, курсам и семестрам

Виды занятий, курсы, семестры, и формы текущей аттестации	Форма получения высшего образования
	Дневная
Курс	2
Семестр	3
Лекции (час.)	34
Практические занятия (час)	34
Всего аудиторных часов	68
Форма текущей аттестации	
Экзамен (семестр)	3

# СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

## ***I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ***

### **Тема 1.1. Основные понятия**

Наука о сопротивлении материалов. Виды деформаций тел. Прочность и жесткость. Реальный объект и расчетная схема. Закон Гука. Принцип неизменности начальных размеров. О распределенных нагрузках. Идея метода сечений.

## ***II. НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ СТЕРЖНЕЙ ПРИ ТИПОВЫХ НАГРУЗКАХ***

### **Тема 2.1. Механические характеристики материалов при растяжении-сжатии**

Диаграмма растяжения пластичной стали. Основные механические характеристики материала: предел пропорциональности; предел текучести (физический и условный); предел прочности. Пластическое и хрупкое состояния материала. Диаграмма сжатия пластичной стали и чугуна. Коэффициент запаса прочности, условие прочности. Допускаемое напряжение.

### **Тема 2.2. Растяжение и сжатие прямого стержня**

Потенциальная энергия деформации. Понятие об эпюрах внутренних продольных сил. Нормальные напряжения. Закон Гука при растяжении, модуль Юнга. Принцип Сен-Венана. Напряжения в наклонных сечениях. Продольные и поперечные деформации. Перемещения точек стержня при растяжении, жесткость при растяжении-сжатии. Дифференциальное соотношение.

### **Тема 2.3. Статически неопределимые задачи при растяжении-сжатии**

Понятие статической неопределимости. Методика раскрытия статической неопределимости. Влияние изменения температуры и предварительного деформирования – температурные и монтажные напряжения. Зависимость внутренних усилий в элементах системы от соотношения их жесткостей.

### **Тема 2.4. Устойчивость сжатых стержней**

Постановка проблемы. Стержни, сжатые продольными силами, формула Эйлера для критической силы. Зависимость критической силы от условий закрепления стержня. Понятие о потере устойчивости, при напряжениях, превышающих предел пропорциональности. Зависимость критического напряжения от гибкости стержня. Замечания о практических расчетах на устойчивость, условие устойчивости стержня.

### **Тема 2.5. Чистый сдвиг. Срез**

Деформирование как изменение размеров и формы тела. Основные, базовые типы деформирования – растяжение и сдвиг. Чистый сдвиг как вид деформирования. Закон Гука при сдвиге, модуль сдвига. Касательные напряжения. Угловые деформации. Перемещения точек стержня при сдвиге, жесткость при сдвиге. Потенциальная энергия деформации. Коэффициент запаса при сдвиге, условие прочности.

### **Тема 2.6. Кручение**

Закон Гука при кручении. Касательные напряжения, полярный момент

инерции сечения. Кручение стержня некруглого сечения. Перемещения точек стержня при кручении: полный и относительный углы закручивания, жесткость при кручении. Дифференциальное соотношение. Потенциальная энергия деформации. Условие прочности и жесткости при кручении. Понятие об эпюрах крутящих моментов.

### **Тема 2.7. Изгиб прямого стержня**

Изгиб как вид деформирования, чистый и поперечный изгиб. Закон Гука при чистом изгибе. Нормальные напряжения изгиба. Перемещения точек стержня, изгибная жесткость. Дифференциальные соотношения при изгибе. Потенциальная энергия деформации чистого изгиба. Коэффициент запаса при изгибе, условие прочности по нормальным напряжениям. Распространение выводов чистого изгиба на поперечный изгиб. Касательные напряжения при поперечном изгибе – формула Д. И. Журавского, ограничения. Перемещения точек стержня при изгибе – угол поворота и прогиб. Дифференциальное уравнение изогнутой оси стержня и его интегрирование. Общий подход к решению задач, учет граничных условий.

### **Тема 2.8. Сложное сопротивление**

Определение напряжений, нейтральная линия. Нахождение положения нейтральной линии и опасных точек в сечении. Внецентренное растяжение-сжатие. Определение напряжений, нейтральная линия при внецентренном растяжении-сжатии. Ядро сечения. Изгиб с кручением стержня круглого сечения. Условие прочности. Решение проектировочной задачи. Эквивалентные напряжения для изгиба с кручением. Особенности расчета стержня при изгибе с кручением стержня прямоугольного сечения.

Первая теорема Кастилиано. Теорема Кротти-Энгессера. Вторая теорема Кастилиано. Интеграл Мора, метод единичной нагрузки. Теорема взаимности работ Бетти-Рэлея. Определение перемещений в статически неопределимых системах с помощью интеграла Мора (метод единичной нагрузки). Понятие о методах жесткостей и податливостей, сил и перемещений. Основная идея метода податливостей.

### **Тема 2.9. Динамическое нагружение. Удар**

Понятие о динамическом воздействии. Условная схема статического нагружения для динамических задач. Приближенная теория удара, основные положения. Влияние массы стержня на напряжения при ударе.

## ***III. НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ТЕЛ***

### **Тема 3.1. Теория напряженного состояния в точке**

Понятие о тензоре напряжений. Равновесие элементарного параллелепипеда, закон парности касательных напряжений. Достаточность задания напряженного состояния в точке – напряжения на площадках общего положения. Главные площадки и главные напряжения. Типы напряженных состояний: линейное, плоское, объемное. Определение максимальных касательных напряжений. Напряжение на площадке общего положения в плоскости. Главные площадки и главные напряжения. Исследование напряженного состояния с помо-

щью круга Мора. Критерии пластичности. Гипотезы предельного состояния материала в точке. Теория максимальных касательных напряжений Треска-Сен-Венана и энергетическая теория Хубера-Мизеса. Контактные напряжения. Общий случай контакта двух тел. Расчеты на прочность.

### **Тема 3.2. Прочность при циклически меняющихся напряжениях**

Постановка проблемы, непригодность теории статических расчетов к задачам о переменном воздействии. Характеристики циклов. Экспериментальный подход, кривая усталости и предел выносливости. Диаграмма предельных амплитуд. Влияние различных факторов на прочность при циклическом нагружении. Коэффициент запаса при циклическом нагружении и его определение.

### **Тема 3.3. Напряженно-деформированное состояние пластин**

Основные гипотезы теории изгиба пластин. Дифференциальное уравнение изгиба тонких жестких пластин. Цилиндрический изгиб прямоугольных пластин.

### **Тема 3.4. Напряженно-деформированное состояние вращающихся дисков**

Основные положения и вывод расчетных уравнений. Определение критических частот вращения.

# УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

(Дневная форма получения образования)

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов				Количество часов УСР*	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Иное		
<b>I</b>	<b><i>I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ</i></b>	<b>2</b>	<b>2</b>				
1.1	Основные понятия	2	2				Э, ОПЗ
<b>II</b>	<b><i>НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ СТЕРЖНЕЙ ПРИ ТИПОВЫХ НАГРУЗКАХ</i></b>	<b>22</b>	<b>22</b>				
2.1	Механические характеристики материалов при растяжении-сжатии	2	2				Э, ОПЗ
2.2	Растяжение и сжатие прямого стержня	3	4				Э, ОПЗ
2.3	Статически неопределимые задачи при растяжении-сжатии	2	4				Э, ОПЗ
2.4	Устойчивость сжатых стержней	2	2				Э, ОПЗ
2.5	Чистый сдвиг. Срез	2	2				Э, ОПЗ
2.6	Кручение	3	4				Э, ОПЗ
2.7	Изгиб прямого стержня	4	4				Э, ОПЗ
2.8	Сложное сопротивление	2					Э
2.9	Динамическое нагружение. Удар	2					Э
<b>III</b>	<b><i>НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ТЕЛ</i></b>	<b>10</b>	<b>10</b>				
3.1	Теория напряженного состояния в точке	2	2				Э, ОПЗ
3.2	Прочность при циклически меняющихся напряжениях	2	2				Э, ОПЗ
3.3	Напряженно-деформированное состояние пластин	3	4				Э, ОПЗ
3.4	Напряженно-деформированное состояние вращающихся дисков	3	2				Э, ОПЗ

Сокращения – Э – экзамен, ОПЗ – опрос на практических занятиях

# ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

## Основная литература

1. Межецкий, Г.Д. Сопротивление материалов : учебник / Г.Д. Межецкий, Г.Г. Загребин, Н.Н. Решетник. – Москва : Дашков и К°, 2016. – 432 с.: ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=453911> (дата обращения: 06.01.2020). – Библиогр. в кн. – Текст : электронный.
2. Долгушин, В.А. Механика: сопротивление материалов: определение перемещений в упругих системах при различных видах нагружения / В.А. Долгушин, С.С. Соляник, А.В. Спирина ; Министерство сельского хозяйства РФ, Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. – Санкт-Петербург : СПбГАУ, 2018. – 68 с. : схем., ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=494533> (дата обращения: 06.01.2020). – Библиогр. в кн. – Текст: электронный.
3. Механика: сопротивление материалов: определение внутренних силовых факторов в упругих системах при различных видах нагружения. Построение эпюр внутренних силовых факторов / В.В. Гнатюк, В.А. Долгушин, С.С. Соляник, А.В. Спирина ; Министерство сельского хозяйства РФ, Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. – Санкт-Петербург : СПбГАУ, 2018. – 80 с. : схем., ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=494535> (дата обращения: 06.01.2020). – Библиогр. в кн. – Текст : электронный.

## Дополнительная литература

4. Подскребко, М. Д. Сопротивление материалов: учебник для вузов / М. Д. Подскребко. - Минск: Выш. шк., 2009. - 670 с.
5. Старовойтов, Э.И. Механика материалов: учебник / Э.И. Старовойтов. - Гомель: БелГУТ, 2011. – 380 с.
6. Сопротивление материалов: учеб. пособие для вузов / под. Ред. Н.А. Костенко. – Москва: Высш. шк., 2000. – 431с.
7. Подскребко, М. Д. Сопротивление материалов. Практикум по решению задач: учеб. пособие / М. Д. Подскребко. - Минск: Выш. шк., 2009. – 688 с.
8. Феодосьев В. И. Сопротивление материалов: учебник для втузов. - 9-е изд., перераб. - Москва: Наука, 1986. – 512 с.
9. Дарков А. В. Сопротивление материалов: учебник для втузов / А. В. Дарков, Г. С. Шпиро. - 5-е изд. - Москва: Высшая школа, 1989. - 624 с.
10. Ицкович, Г. М. Руководство к решению задач по сопротивлению материалов: учеб. пособие для втузов / Г. М. Ицкович [и др.]; под ред. Л. С. Минина. - 3-е изд., перераб. и доп. - Москва: Высшая школа, 2001. -592 с.
11. Винокуров, Е. Ф. Сопротивление материалов: расчетно-проектировочные работы / Е. Ф. Винокуров, А. Г. Петрович, Л. И. Шевчук. - Минск: Вышэйшая школа, 1987. - 227 с.

12. Практическое пособие «Механика материалов» к решению контрольных и расчетно-графических работ по одноименному курсу для студентов дневной и заочной форм обучения специальностей механико-технологических и машиностроительных факультетов / В. А. Балакин, И. Н. Литвиненко, А. А. Иванов; - Гомель: ГГТУ им. П.О. Сухого, 2004. - 79с.

## СРЕДСТВА ДИАГНОСТИКИ, ПРОЦЕДУР ОЦЕНКИ УРОВНЯ ЗНАНИЙ

Для диагностики компетентности результатов учебной деятельности применяются следующие формы контроля:

1. Устная форма в виде собеседования на практических занятиях;
2. Письменная форма в виде письменных отчетов по практическим занятиям;
3. Устно-письменная форма в виде экзамена.

Перечни используемых средств диагностики результатов учебной деятельности

- проведение текущих контрольных опросов по изучаемым темам;
- текущая аттестация по успеваемости;
- сдача экзамена.

При прохождении текущей аттестации студентам запрещается пользоваться учебными изданиями, записями, конспектами, мобильными телефонами и другими средствами хранения и передачи информации.

Перечень методов (технологий) обучения

Основными методами (технологиями) обучения, отвечающими целям изучения дисциплины, являются:

- чередование теоретических лекционных занятий с практическими занятиями;
- использование во время теоретических занятий современных средств, презентаций и обучающих программ.

### Организация самостоятельной работы студентов

При изучении дисциплины используются следующие формы самостоятельной работы:

- выполнение студентами индивидуальных заданий во время проведения практических занятий.
- подготовка к сдаче экзамена.

Контроль самостоятельной работы студентов и оценка ее результатов организуется как единство двух форм: самоконтроль и самооценка, а также контроль и оценка со стороны преподавателя. Самостоятельную работу студентов можно разделить на обязательную и дополнительную. Обязательная самостоятельная работа обеспечивает подготовку студента к текущим аудиторным занятиям. Результаты этой подготовки проявляются в активности студента на занятиях, выполненных тестовых заданий и других форм текущего контроля.

При изучении дисциплины рекомендуется использовать такую форму самостоятельной работы, как решение индивидуальных задач в аудитории на практических занятиях под контролем преподавателя.

В целях развития у студентов навыков работы с учебной и научной литературой часть разделов лекционного материала описательного характера изучается самостоятельно по литературе, указанной в программе.

Для организации самостоятельной работы студентов необходимо использовать современные информационные технологии: информационные ресурсы учебного портала или электронной библиотеки университета.

При изучении учебной дисциплины рекомендуется использовать следующие формы самостоятельной работы:

- подготовка к лекциям и практическим занятиям;
- реферирование статей, отдельных разделов монографий;
- изучение учебных пособий;
- изучение тем и проблем, не выносимых на лекции и занятия;
- написание тематических докладов, рефератов на проблемные темы;
- аннотирование монографий или их отдельных глав, статей;
- участие студентов в составлении тестов;
- выполнение исследовательских и творческих заданий;
- создание наглядных пособий по изучаемым темам.

Эффективность самостоятельной работы студентов целесообразно проверять в ходе текущего (рубежного) и итогового контроля знаний.

Методы (технологии) обучения и инновационные подходы к преподаванию дисциплины

Основными методами (технологиями) обучения в соответствии с целью, задачами дисциплины и направлениями развития современной системы образования являются:

- элементы проблемного обучения (проблемное, вариативное изложение, частично-поисковый метод), реализуемые на лекционных занятиях;
- элементы интерактивного обучения, реализуемые на лекционных занятиях;
- элементы учебно-исследовательской деятельности, творческого подхода, реализуемые на практических занятиях и при самостоятельной работе;
- коммуникативные технологии, реализуемые на практических занятиях.

При преподавании дисциплины рекомендуется применение мультимедийных, информационно-коммуникационных технологий и цифровых информационных ресурсов. Лекционные занятия рекомендуется проводить с использованием компьютерных презентаций, видеофильмов и других информационно-иллюстративно-демонстрационных средств компьютерных информационных технологий в интерактивном режиме.

## Критерии оценок результатов учебной деятельности

При оценке знаний студента в баллах по десятибалльной шкале применяются критерии оценки результатов деятельности обучающихся в учреждениях высшего образования по десятибалльной шкале (письмо Министерства образования Республики Беларусь от 28.05.2013 г. №09- Ю/53-ПО).

### Перечень тем практических занятий

1. Построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов в балках методом сечений.
2. Анализ механических характеристик материалов при растяжении-сжатии
3. Определение внутренних усилий, напряжений и перемещений при растяжении-сжатии стержней.
4. Расчет стержней в условиях статической неопределенности.
5. Определение критического напряжения и критической нагрузки при устойчивости сжатого стержня.
6. Расчеты для условий чистого сдвига и среза.
7. Определение касательных напряжений и углов закручивания стержня.
8. Расчеты на прочность при изгибе.
9. Исследование плоского напряженного состояния.
10. Определение перемещений в балках и рамах по способу Верещагина.
11. Прочность при циклически меняющихся напряжениях.
12. Напряженно-деформированное состояние пластин.
13. Напряженно-деформированное состояние вращающихся дисков.

### Перечень контрольных вопросов

1. Дать определение напряжения, перемещения и деформации.
2. Какие типы опор применяются для закрепления балок к основанию? Изобразите опорные реакции, соответствующие каждому виду опор. Примеры.
3. Методика определения значений опорных реакций. Примеры.
4. Какие внутренние усилия возникают в поперечных сечениях стержня в общем случае действия на него плоской системы сил?
5. Как определить нормальные напряжения в поперечном сечении при растяжении - сжатии? Метод сечений.
6. Методика определения механических характеристик при растяжении-сжатии.
7. Изобразить диаграмму растяжения-сжатия и дать определение основных механических характеристик.
8. Для какого участка диаграммы растяжения-сжатия справедлив закон Гука? Сформулировать его. Как с помощью закона Гука определить удлинение образца?
9. В чем заключается явление упрочнения?
10. В чем отличие истинной диаграммы напряжений от идеальной?

11. Пластичность и хрупкость. Дать определение и привести примеры.
12. В чем отличие поведения пластичных и хрупких материалов при сжатии?
13. Условный предел текучести. Дать определение и привести примеры.
14. Абсолютная линейная продольная и поперечная деформации. Дать определение и привести примеры.
15. Относительная продольная и поперечная деформации. Дать определение и привести примеры.
16. Коэффициент поперечной деформации. Дать определение и привести примеры.
17. Закон Гука при растяжении. Получение основных соотношений.
18. Модуль продольной упругости. В каких единицах он измеряется? Что он отражает в материале?
19. Чистый сдвиг. Виды нагружения стержня при чистом сдвиге. Привести примеры.
20. Условие прочности на смятие. Привести примеры.
21. Напряжения в поперечном сечении круглого стержня при кручении. Расчет.
22. Напряжения в продольных сечениях круглого стержня при кручении. Расчет.
23. Напряженное состояние стержня при кручении.
24. Характер деформирования элементов ориентированных вдоль оси и под углом  $45^\circ$  к оси стержня.
25. Пределы пропорциональности и прочности при кручении и как они определяются?
26. Жесткостью при кручении. Методика определения.
27. Методика экспериментального определения модуля сдвига.
28. Связь модуля сдвига материала с модулем упругости  $E$  и коэффициент Пуассона  $\mu$ ?
29. Плоский поперечный изгиб. Дать определение и привести примеры.
30. Построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов. Примеры.
31. Гипотеза плоских сечений. Дать определение и привести примеры.
32. Методика определения кривизны оси балки при чистом изгибе.
33. Нормальные напряжения в поперечных сечениях балки при поперечном изгибе. Расчет. Примеры.
34. Закон Гука для линейного напряженного состояния. Примеры.
35. Методика определения момента сопротивления сечения при изгибе. Примеры.
36. Уравнения метода начальных параметров. Примеры.
37. Удар. Дать определение и привести примеры.
38. Методика определения динамического коэффициента при ударе. Примеры.
39. Свободные и вынужденные колебания. Дать определение и привести примеры.
40. Учет массы упругой системы при расчете на колебания.
41. Методика определения периода свободных колебаний. Примеры.
42. Методика определения логарифмического декремента затухания.
43. Растяжение как вид деформирования. Нормальные напряжения. Закон Гука при растяжении, модуль Юнга. Принцип Сен-Венана. Продольные и поперечные деформации.
44. Перемещения точек стержня при растяжении, жесткость при растяжении-сжатии. Понятие об эпюрах внутренних продольных сил. Напряжения в наклонных сечениях.

45. Диаграмма растяжения пластичной стали. Основные механические характеристики материала: предел пропорциональности; предел текучести; предел прочности. Замечание об истинной диаграмме растяжения.
46. Пластическое и хрупкое состояния материала. Диаграмма сжатия пластичной стали и чугуна. Коэффициент запаса прочности, условие прочности. Допускаемое напряжение.
47. Понятие статической неопределимости. Методика раскрытия статической неопределимости. Влияние изменения температуры и предварительного деформирования – температурные и монтажные напряжения.
48. Чистый сдвиг как вид деформирования. Закон Гука при сдвиге, модуль сдвига. Касательные напряжения. Угловые деформации. Перемещения точек стержня при сдвиге, жесткость при сдвиге.
49. Кручение как вид деформирования. Закон Гука при кручении. Касательные напряжения, полярный момент инерции сечения.
50. Перемещения точек стержня при кручении: полный и относительный углы закручивания, жесткость при кручении. Условие прочности и жесткости при кручении.
51. Статические моменты площади сечения. Определение центра тяжести сечения. Осевые, полярный и центробежный моменты инерции сечений. Понятие о главных и центральных осях сечения.
52. Моменты инерции простейших сечений. Зависимость между моментами инерции для параллельных осей. Главные оси и главные моменты инерции сечений.
53. Изгиб как вид деформирования, чистый и поперечный изгиб. Закон Гука при чистом изгибе. Нормальные напряжения изгиба. Коэффициент запаса при изгибе, условие прочности по нормальным напряжениям.
54. Касательные напряжения при поперечном изгибе – формула Д. И. Журавского. Распределение касательных напряжений в стандартных профилях: прямоугольник, круг. Проверка прочности по касательным напряжениям.
55. Основная идея теории напряженного состояния – общий случай нагружения элементарного объема. Понятие о тензоре напряжений. Равновесие элементарного параллелепипеда, закон парности касательных напряжений.
56. Главные площадки и главные напряжения. Кубическое уравнение для определения главных напряжений. Типы напряженных состояний: линейное, плоское, объемное. Определение максимальных касательных напряжений.
57. Плоское напряженное состояние. Напряжение на площадке общего положения в плоскости. Главные площадки и главные напряжения. Экстремальные касательные напряжения.
58. Компоненты деформированного состояния. Тензор деформаций. Главные оси деформаций и главные деформации. Уравнение обобщенного закона Гука для изотропного тела. Объемная деформация, закон Гука для объемного деформирования.
59. Коэффициент запаса, равноопасные состояния, эквивалентное напряжение. Эволюция развития теорий прочности.
60. Теория максимальных касательных напряжений Треска-Сен-Венана и энергетическая теория Хубера-Мизеса. Экспериментальные обобщения Мора.
61. Сложное сопротивление. Определение напряжений при неплоском изгибе, нейтральная линия. Внецентренное растяжение-сжатие. Определение напряжений, нейтральная линия при внецентренном растяжении-сжатии.

62. Изгиб с кручением стержня круглого сечения. Условие прочности. Эквивалентные напряжения для изгиба с кручением.
63. Устойчивость сжатых стержней. Стержни, сжатые продольными силами, формула Эйлера для критической силы. Зависимость критической силы от условий закрепления стержня.
64. Понятие о потере устойчивости, при напряжениях, превышающих предел пропорциональности. Зависимость критического напряжения от гибкости стержня. Замечания о практических расчетах на устойчивость, условие устойчивости стержня.
65. Прочность при циклически меняющихся напряжениях. Характеристики циклов. Экспериментальный подход, кривая усталости и предел выносливости. Диаграмма предельных амплитуд.
66. Влияние различных факторов на прочность при циклическом нагружении. Коэффициент запаса при циклическом нагружении и его определение.

## ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Детали и механизмы приборов и машин	Робототехнические системы	Нет М.И. Михайлов	