

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Костромской государственный университет»  
(КГУ)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ**

Направление подготовки 15.03.02 «Технологические машины и  
оборудование»

Направленность «Цифровое проектирование машин и холодильных систем»

Квалификация выпускника: бакалавр

**Кострома 2023**

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом по направлению подготовки 15.03.02 Технологические машины и оборудование (уровень бакалавриата), утвержденным приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 9 августа 2021 г. № 728 (зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации 7 сентября 2021 г., регистрационный № 64910), в соответствии с учебным планом направления подготовки 15.03.02 Технологические машины и оборудование (уровень бакалавриата).

Разработал: Подъячев А.В., зав. кафедрой ИГ, Т и ПМ, д.т.н., доцент

Рецензент: Бойко С.В., профессор каф. ИГ, Т и ПМ, д.т.н., доцент

УТВЕРЖДЕНО:

На заседании кафедры ТММ, ДМ и ПТМ  
Протокол заседания кафедры №3 от 11.11.2021 г.  
Заведующий кафедрой ТММ, ДМ и ПТМ  
Корабельников Андрей Ростиславович, д.т.н., профессор

ПЕРЕУТВЕРЖДЕНО:

На заседании кафедры ТММ, ДМ и ПТМ  
Протокол заседания кафедры № 5 от 31.01.2023 г.  
Заведующий кафедрой ТММ, ДМ и ПТМ  
Корабельников Андрей Ростиславович, д.т.н., профессор

## 1. Цели и задачи освоения дисциплины

Цель дисциплины: ознакомление с основами сопротивления материалов.

Задачи дисциплины: овладение минимальными навыками решения задач на прочность, жесткость и устойчивость элементов инженерных конструкций; развитие инженерного мышления и формирование у студентов систематизированных знаний и практических навыков использовать методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей материалов и готовых изделий, стандартные методы их проектирования, прогрессивные методы эксплуатации.

Научно-образовательное, профессионально-трудовое воспитание обучающихся посредством содержания дисциплины и актуальных воспитательных технологий.

## 2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины обучающийся должен  
знать основные понятия и законы механики; методы расчета элементов конструкций на прочность, жесткость, устойчивость и выносливость при различных условиях нагружения; механические свойства материалов и реальные значения характеристик прочности материалов;

уметь самостоятельно строить и исследовать математические и механические модели технических систем; пользоваться методами расчета элементов конструкций на прочность, жесткость, устойчивость и выносливость при различных условиях нагружения; определять механические характеристики машиностроительных материалов; выполнять проверочный и проектный расчеты, определять допустимую нагрузку при различных видах деформации;

владеть навыками решения типовых практических задач.

Код и наименование общепрофессиональных компетенций	Индикаторы компетенции
ОПК-1. Способен применять естественнонаучные и общинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности	ИОПК-1.1. Знает теорию и основные законы в области естественнонаучных и общинженерных дисциплин. ИОПК-1.2. Умеет применять методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности. ИОПК-1.3: Имеет навыки теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности.
ОПК-13. Способен применять стандартные методы расчета при проектировании деталей и узлов технологических машин и оборудования	ИОПК-13.1. Знает современные подходы и методы расчета при проектировании технологических машин и оборудования. ИОПК-13.2. Выбирает и применяет методы расчета деталей и узлов технологических машин и оборудования.

	ИОПК-13.3. Имеет навыки работы с современными САД-системами, основанными на использовании стандартных методов расчета деталей и узлов машин.
--	--

### 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Дисциплина относится к обязательной части учебного плана. Изучается в 2, 3 семестрах обучения. Изучение дисциплины основывается на ранее освоенных дисциплинах: математика, физика, теоретическая механика, инженерная графика. Изучение дисциплины является основой для освоения последующих дисциплин: теория механизмов и машин, основы проектирования, основы мехатроники, расчет и конструирование типовых технологических машин.

### 4. Объем дисциплины (модуля)

#### 4.1. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием академических часов и виды учебной работы

Виды учебной работы,	Очная форма
Общая трудоемкость в зачетных единицах	6
Общая трудоемкость в часах	216
Аудиторные занятия в часах, в том числе:	
Лекции	16/18
Практические занятия	16/18
Лабораторные занятия	16/-
Самостоятельная работа в часах	23,75/69,65
ИКР	0,25/2,35
Контроль	-/36
Форма промежуточной аттестации	зач./экз.

#### 4.2. Объем контактной работы на 1 обучающегося

Виды учебных занятий	Очная форма
Лекции	34
Практические занятия	34
Лабораторные занятий	16
Консультации	2,6
Зачет/зачеты	
Экзамен/экзамены	0,35
Всего	86,95

### 5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам), с указанием количества часов и видов занятий

## 5.1 Тематический план учебной дисциплины

№	Название раздела, темы	Всего з.е/час	Аудиторные занятия			Самостоятельная работа
			Лекц.	Практ.	Лаб.	
3-й семестр						
1.	Основные положения	5,75	2			3,75
2.	Растяжение и сжатие	20	4	6	6	4
3.	Сдвиг	8	2	2		4
4.	Геометрические характеристики плоских сечений	8	2		2	4
5.	Кручение	14	2	4	4	4
6.	Изгиб. Напряжения.	16	4	4	4	4
4-й семестр						
7.	Изгиб. Перемещения.	30	4	6		20
8.	Гипотезы пластичности и разрушения	7	2			5
9.	Общий случай действия сил на стержень (сложное сопротивление)	32	6	6		20
10.	Расчет сжатых стержней на устойчивость (продольный изгиб)	12	3	4		5
11.	Расчет на прочность при напряжениях, циклически изменяющихся во времени (расчет на усталость)	15	3	2		10
12.	Подготовка к экзамену	9,65				9,65
13.	Экзамен	36				
14.	ИКР	2,6				
	Итого:	216				

## 5.2. Содержание:

**Основные положения.** Предмет курса "Инженерные приложения теории упругости", его значение в повышении эффективности и снижении материалоемкости современной техники. Прочность, жесткость и устойчивость как составные части механической надежности элементов конструкций, деталей машин и текстильных изделий. Связь курса с общенаучными, общепрофессиональными и специальными дисциплинами. Основные гипотезы о свойствах материалов и характере деформации. Упругость и пластичность. Внешние и внутренние силы, их классификация. Метод сечений. Общие понятия о напряжениях и деформациях в точке. Реальная конструкция и ее расчетная схема. Стержни, пластины, оболочки.

Внутренние силовые факторы. Виды деформации стержня.

**Растяжение и сжатие.** Расчеты на центральное растяжение и сжатие. Стержни, стержневые системы. Расчет статически определимых стержневых систем. Напряжения в поперечных сечениях стержня. Продольные и поперечные деформации. Закон Гука. Модуль упругости, коэффициент Пуассона. Определение осевых перемещений сечений. Жесткость при растяжении и сжатии.

**Сдвиг.** Понятие о напряженном состоянии. Нормальные и касательные напряжения Исследование напряженного состояния в точке. Правило знаков напряжений. Исследование функций на экстремум. Экстремальные касательные напряжения. Виды напряженного состояния. Чистый сдвиг. Закон Гука для сдвига. Модуль сдвига. Связь между упругими постоянными для изотропного тела. Обобщенный закон Гука. Удельная потенциальная энергия деформации, ее составляющая - энергия изменения формы.

**Геометрические характеристики плоских сечений.** Статический момент площади, осевые, центробежные и полярные моменты инерции. Изменения моментов инерции при повороте осей. Главные оси инерции и их определение. Главные центральные моменты инерции. Зависимости между моментами инерции для параллельных осей. Вычисление моментов инерции сложных профилей. Стандартные прокатные профили.

**Кручение.** Кручение прямого стержня кругового поперечного сечения. Касательные напряжения и угол закручивания. Жесткость при кручении. Главные напряжения. Потенциальная энергия упругой деформации при кручении. Расчет на прочность и жесткость вала кругового и кольцевого поперечного сечения. Основные результаты теории кручения стержней некругового поперечного сечения.

**Изгиб. Напряжения.** Общие понятия Классификация видов изгиба. Построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов. Нахождение внутренних силовых факторов в поперечных сечениях балок при изгибе (поперечная сила и изгибающий момент). Дифференциальные зависимости между внутренними силовыми факторами и внешней распределенной нагрузкой. Эпюры внутренних силовых факторов. Зависимость между изгибающим моментом и кривизной изогнутой оси балки. Жесткость при изгибе. Потенциальная энергия упругой деформации при изгибе. Прямой поперечный изгиб. Определение напряжений при изгибе Расчеты на прочность при изгибе. Подбор рациональных сечений и материала балок.

**Изгиб. Перемещения.** Перемещения при изгибе Дифференциальное уравнение изогнутой оси прямого стержня и его интегрирование. Теорема взаимности работ. Определение перемещений в балках методом Мора. Метод Верещагина для вычисления перемещений произвольно нагруженных стержней. Метод начальных параметров.

**Гипотезы пластичности и разрушения** (гипотезы прочности). История развития. Теория наибольших напряжений. Теория наибольших разностей. Теория наибольших касательных напряжений. Теория удельной

потенциальной энергии формоизменения тела. Теория Мора.

Общий случай действия сил на стержень. Косой изгиб. Определение напряжений, уравнение нейтральной линии, расчеты на прочность. Внецентренное растяжение. Определение напряжений, уравнение нейтральной линии, расчеты на прочность. Совместное действие нагрузок.

**Расчет сжатых стержней на устойчивость.** Устойчивость элементов конструкций. Понятие об устойчивых и неустойчивых формах равновесия. Устойчивость прямолинейной формы сжатых стержней. Продольно-поперечный изгиб. Критическая нагрузка. Формула Эйлера при различных случаях опорных закреплений и пределы ее применимости. Понятие о потере устойчивости при напряжениях, превышающих предел пропорциональности. Формула Ясинского. Рациональные формы сечения сжатых стержней

**Расчет на прочность при напряжениях, циклически изменяющихся во времени.** Прочность при напряжениях, циклически изменяющихся во времени. Возникновение и развитие усталостных напряжений. Усталость. Механизм усталостного разрушения. Характеристики циклов переменных напряжений. Экспериментальное определение характеристик сопротивления усталости. Факторы, влияющие на сопротивление усталости деталей машин. Определение коэффициента запаса выносливости

## 6. Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины

### 6.1. Самостоятельная работа обучающихся по дисциплине (модулю)

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Задание	Часы	Методические рекомендации по выполнению задания	Форма контроля
1.	Растяжение и сжатие	РГР	4	В процессе выполнения задания необходимо использовать лекционный материал, литературу из перечня основной и дополнительной литературы (п.7), необходимой для освоения дисциплины, плакатный фонд по дисциплине, свободный поиск в интернете	Проверка домашних заданий, контрольные работы, фронтальный опрос
2.	Геометрические характеристики плоских сечений	РГР	2		
3.	Кручение	РГР	3		
4.	Изгиб. Напряжения.	РГР	3		
5.	Изгиб. Перемещения.	РГР	4		
6.	Общий случай действия сил на стержень (сложное сопротивление)	РГР	4		

### 6.2. Тематика и задания для практических занятий (при наличии)

1.	Построение эпюр внутренних усилий, напряжений и перемещений при растяжении.
----	---

2.	Расчеты на прочность и жесткость при растяжении.
3.	Напряженное состояние в точке.
4.	Геометрические характеристики сложных сечений.
5.	Построение эпюр внутренних усилий, напряжений и перемещений при кручении
6.	Построение эпюр внутренних при изгибе.
7.	Определение напряжений при прямом изгибе.
8.	Определение перемещений в балках.
9.	Определение перемещений в балках.
10.	Расчеты на прочность при косом изгибе.
11.	Расчеты на прочность при внецентренном растяжении.
12.	Расчеты статически неопределимых конструкций методом сил.
13.	Расчеты на устойчивость сжатых стержней.
14.	Расчеты на выносливость.
15.	Расчеты на выносливость.
16.	Измерение твердости металлов
17.	Статические испытания на растяжение образца из малоуглеродистой стали
18.	Статические испытания материалов на сжатие
19.	Кручение стального стержня круглого поперечного сечения в пределах упругих деформаций
20.	Растяжение стального образца в пределах упругих деформаций
21.	Испытание винтовых пружин
22.	Определение удельной ударной вязкости материала
23.	Определение напряжений при прямом изгибе
24.	Проверка теоремы взаимности работ
25.	Определение перемещений в статически определимой раме
26.	Определение напряжений при косом изгибе
27.	Определение напряжений при внецентренном растяжении
28.	Определение напряжений в трубе при совместном действии изгиба и
29.	Определение критической силы сжатого стержня
30.	Испытание вала на выносливость

### **6.3. Тематика и задания для лабораторных занятий - нет**

### **6.4. Методические рекомендации для выполнения курсовых работ**

## **(проектов, РГР) при наличии**

Студенту настоятельно рекомендуется посещать лекции ввиду сложности материала, что затрудняет возможность самостоятельно разобраться в приводимых материалах, и постоянного обновления содержания лекций. Самостоятельная работа студента складывается из изучения материалов лекций и рекомендуемой литературы, подготовки к практической работе по вопросам и заданиям, выданным преподавателям в конце лекции, выполнении расчетно-графических работ. Систематическая подготовка к практическим работам – залог накопления глубоких знаний и получения зачета по результатам работ.

Отчеты по практическим занятиям и выполнение заданий лучше вести в одной тетради, так как это позволяет знать ошибки, брать данные для следующих практических работ и для дальнейших дисциплин. За время практических занятий студенту следует изучить условные сокращения и обозначения, структуру и содержание ГОСТ, других НТД на материалы и методы испытаний.

Защита практической работы проводится по результатам проверки отчета, собеседования. Допуск студента к следующей работе возможен при положительной оценке по опросу и защите практической работы. Зачет по дисциплине студент получает автоматически, если в течение семестра имеет положительные оценки за все виды заданий по лабораторным работам, за расчетно-графические работы (РГР). Выполнение РГР – творческий и самостоятельный процесс, показывающий и формирующий умение студента самостоятельно ставить, решать задачи, работать с литературой, проводить исследования, делать выводы. Необходимо обязательное посещение консультаций, так как студент получает индивидуальное задание.

## **7. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

### *а) основная:*

1. Степин, Петр Андреевич. Сопротивление материалов : учеб. - 12-е изд., стер. - Санкт-Петербург; Москва; Краснодар : Лань, 2012. - 320 с.: ил., портр. - (Учебники для вузов. Спец. лит.). - ОПД. - осн. - ISBN 978-5-8114-1038-5.
2. Сопротивление материалов : сб. лаб. работ: в 2 ч. Ч. 1 / под общ. ред. А.П. Соркина, сост. А. П. Соркин и др. - Кострома : КГТУ, 2008. - 74 с. - спец.: 150406, 151001, 250401, 250403, 260701, 260704, 260703, 260901, 260902. - ЕН. - ISBN 978-5-8285-0405-3.
3. Сопротивление материалов : Сб. лаб. работ: учеб. пособие. Ч. 2 / Сост. А.П. Соркин и др.; под ред. А.П. Соркина. - Кострома : КГТУ, 2009. - 60 с. - ОПД. - ISBN 978-5-8285-0405-3.
4. Кривошапко, Сергей Николаевич. Сопротивление материалов: лекции, семинары, расчетно-графические работы : учебник для бакалавров. - Москва : Юрайт, 2013. - 413 с. - (Бакалавр. Баз. курс). - МО РФ. - ЕН. - осн.

*б) дополнительная:*

1. Феодосьев, Всеволод Иванович. Сопротивление материалов : Учебник для вузов. - 10-е изд., перераб. и доп. - Москва : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1999. - 592 с. - (Программа "Интеграция". Сер. "Механика в техническом университете"; Т.2). - ЕН. - ISBN 5-7038-1371-9. - ISBN 5-7038-1340-9 (т.2).
2. Дарков, Анатолий Владимирович. Сопротивление материалов : учебник для вузов. - 5-е изд., перераб. и доп. - Москва : Высш. шк., 1989. - 624 с. - ЕН. - ISBN 5-06000491-0.
3. Винокуров, Евгений Федорович. Сопротивление материалов : Расчет-проектировоч. работы: учеб. пособие для вузов. - Минск : Вышэйш. шк., 1987. - 227 с.: ил. - ЕН.
4. Сопротивление материалов : учеб. для вузов / под ред. Г. С. Писаренко. - 5-е изд., перераб. и доп. - Киев : Вища шк., 1986. - 775 с.: ил. - ЕН.
5. Беляев, Николай Михайлович. Сопротивление материалов : учеб. пособие для вузов. - 15-е изд., перераб. - Москва : Наука, 1976. - 607 с. - ЕН.

## **8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

*Информационно-образовательные ресурсы:*

1. Федеральный портал «Российское образование»;
2. Официальный сайт министерства образования и науки Российской Федерации
3. Сайт WWW. SOPROMAT. RU.

*Электронные библиотечные системы:*

1. ЭБС «Лань»
2. ЭБС «Университетская библиотека online»
3. ЭБС «Znanium»

## **9. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

<b>9.1 Специализированные лаборатории и классы</b>			
№ п/п	Номер, наименование, принадлежность помещения	Площадь, м <sup>2</sup>	Количество посадочных мест
1.	Аудитория Е-119 – Лаборатория сопротивления материалов	80	нет
2.	Аудитория Е-121 – Лаборатория сопротивления материалов	39	18
<b>9.2. Оборудование, наглядные материалы</b>			
№ п/п	Номер, наименование	Аудитория	
1.	Приборы для определения твердости материалов по Бринелю, Роквеллу, Шору	Е-119	
2.	Разрывные машины различной мощности	Е-119	

3.	Крутильные машины	E-119
4.	Установка для проведения ударных испытаний	E-119
5.	Тензометрическая станция	E-121
6.	Установка для проведения испытаний на выносливость	E-119
7.	Установки для проведения изгибных испытаний	E-119
<b>9.3. Компьютерные программы</b>		
1.	Лицензионный пакет прикладных программ ARM WinMachine	
2.	Лицензионный пакет «Виртуальные лабораторные работы по сопротивлению материалов»	
<b>9.4. Аудио-видео пособия</b>		
1.	Усталость металлов	
2.	Устойчивость сооружений	
3.	Измерение твердости металлов	
4.	Испытание образца из малоуглеродистой стали на растяжение	
5.	Испытание образцов различных материалов на сжатие	