

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по образовательной  
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 30 » июня 20 23 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** Сопrotивление материалов  
(наименование)

**Форма обучения:** очная  
(очная/очно-заочная/заочная)

**Уровень высшего образования:** бакалавриат  
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

**Общая трудоёмкость:** 180 (5)  
(часы (ЗЕ))

**Направление подготовки:** 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов  
(код и наименование направления)

**Направленность:** Материаловедение и технологии материалов (общий профиль, СУОС)  
(наименование образовательной программы)

# 1. Общие положения

## 1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель учебной дисциплины – формирование комплекса знаний в области проведения инженерных расчётов при простом и сложном сопротивлении на прочность, жёсткость и устойчивость элементов конструкций, обеспечивающих требуемую надёжность и безопасность работы изделий в условиях действия статических и динамических нагрузок.

Задачи дисциплины:

- изучение теоретических основ и методов проведения расчетов на прочность, жёсткость и устойчивость элементов конструкций и машин при простом и сложном сопротивлении;
- формирование умений самостоятельно проводить расчеты на прочность, жёсткость и устойчивость элементов конструкций;
- формирования навыков определения основных механических свойств материалов по результатам стандартных лабораторных испытаний;
- формирование первичных способностей проведения экспериментальных исследований при выполнении ряда лабораторных работ;
- ознакомление с элементами рационального проектирования конструкций.

## 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- инженерные расчеты на прочность и жесткость стержневых систем, работающих на растяжение и сжатие, сдвиг, кручение, изгиб;
- методы испытаний по определению характеристик прочности, пластичности и упругости материалов;
- основы экспериментального исследования механического поведения материалов и элементов конструкций;
- основы теории напряженного и деформированного состояния в точке тела;
- классические теории прочности и пластичности материалов;
- расчеты на прочность и жесткость при сложном сопротивлении элементов конструкций;
- расчеты на устойчивость сжатых стержней;
- расчеты на прочность и жесткость при динамическом и циклическом характере нагружения изделий.

## 1.3. Входные требования

Не предусмотрены

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
-------------	-------------------	---	--	-----------------

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ОПК-1	ИД-1ОПК-1	Знать: - законы механики; - закон упругости для растяжения (сжатия), для чистого сдвига, обобщенный закон Гука; - существующие методы стандартных испытаний для определения механических свойств материалов; - сущность процессов и явлений, возникающих при де-формировании материалов; - классические теории прочности и критерии пластичности материалов.	Знает основы математики, физики, химии, сопротивления материалов, теплотехники, электротехники, информатики и моделирования.	Экзамен
ОПК-1	ИД-2ОПК-1	Уметь: - подбирать и использовать справочную литературу, необходимую для проведения инженерных расчетов; - определять механические характеристики материалов по результатам проведённых лабораторных испытаний; - выбирать и применять соответствующие теории проч-ности при проектировании и расчете элементов консткций.	Умеет решать стандартные профессиональные задачи с применением естественнонаучных и общеинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования.	Защита лабораторной работы
ОПК-1	ИД-3ОПК-1	Владеть: - навыками определения основных характеристик прочности, пластичности и упругости материалов; - навыками самостоятельной работы в лабораторных условиях по экспериментальному определению механических свойств конструкционных материалов.	Владеет навыками теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности	Контрольная работа
ОПК-2	ИД-1ОПК-2	Знать:	Знает основы экономики,	Экзамен

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		<p>- основные понятия и гипотезы, используемые в курсе «Сопротивление материалов»;</p> <p>- теоретические положения, лежащие в основе расчетов на прочность, жёсткость и устойчивость элементов конструкций;</p> <p>- виды простого и сложного нагружения элементов конструкций;</p> <p>- основы проведения расчетов элементов конструкций при сложных видах сопротивления, а также в условиях циклического характера нагружения изделий.</p>	экологии, сопротивления материалов и деталей машин, металлургической теплотехники	
ОПК-2	ИД-2ОПК-2	<p>Уметь:</p> <p>- ориентироваться в выборе расчетных схем элементов конструкций;</p> <p>- проводить расчеты на прочность, жёсткость и устойчивость стержневых систем.</p>	Умеет решать стандартные профессиональные задачи с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений	Расчетно-графическая работа
ОПК-2	ИД-3ОПК-2	<p>Владеть:</p> <p>- навыками проведения инженерных расчетов на прочность и жесткость стержневых систем, работающих на растяжение и сжатие, сдвиг, кручение, изгиб;</p> <p>- навыками выбора оптимальных размеров и форм поперечных сечений стержней, обеспечивающих требуемые показатели надежности, безопасности и экономичности.</p>	Владеет навыками оценки эффективности и экологической безопасности технологических процессов	Курсовая работа

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		4	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	54	54	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	16	16	
- лабораторные работы (ЛР)	18	18	
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	18	18	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	90	90	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36	36	
Дифференцированный зачет			
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)	18	18	
Общая трудоемкость дисциплины	180	180	

### 4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
5-й семестр				
Введение.	1	0	0	0
Основные понятия. Наука о сопротивлении материалов. Место курса среди других дисциплин. Понятие о прочности, жесткости, устойчивости. Понятие о реальном объекте и расчетной схеме. Классификация геометрических форм тела. Классификация связей, наложенных на тело в плоскости. Классификация внешних сил. Понятие о внутренних силах. Метод сечений. Понятие о напряжениях в точке тела. Понятие о деформациях. Гипотезы курса сопротивление материалов.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Растяжение и сжатие.	2	6	2	17
Тема 1. Центральное растяжение и сжатие. Определение внутренних силовых факторов. Напряжения и деформации при растяжении и сжатии. Закон Гука. Модуль Юнга. Коэффициент Пуассона. Условие прочности при растяжении и сжатии. Основные методы и виды расчетов на прочность. Напряжения на наклонных площадках растянутого стержня. Потенциальная энергия упругой деформации. Тема 2. Механические свойства конструкционных материалов. Механические характеристики материалов. Виды стандартных испытаний материалов. Диаграмма растяжения. Условная диаграмма растяжения. Основные характеристики прочности и пластичности. Диаграмма сжатия. Влияние различных факторов на механические характеристики.				
Геометрические характеристики поперечных сечений стержней.	0	0	2	8
Тема 3. Геометрические характеристики плоских сечений. Основные понятия. Статические моменты сечений. Определение положения центра тяжести сечения. Понятие о моментах инерции. Моменты инерции простейших фигур. Зависимости между моментами инерции при параллельном переносе осей. Зависимости между моментами инерции при повороте осей. Главные оси и главные моменты инерции. Понятие о радиусах инерции. Понятие о моментах сопротивления.				
Сдвиг и кручение.	3	2	2	9
Тема 4. Сдвиг. Чистый сдвиг. Касательные напряжения при чистом сдвиге. Условие прочности при сдвиге. Закон Гука при чистом сдвиге. Модуль сдвига. Расчет элементов конструкций на срез. Тема 5. Кручение. Анализ внутренних силовых факторов при кручении. Построение эпюр крутящих моментов. Напряжения и деформации при кручении валов круглого и кольцевого сечения. Расчеты на прочность и жесткость при кручении валов круглого и кольцевого сечения. Рациональные формы поперечных сечений валов при кручении. Расчет прямоугольного сечения на прочность и жесткость при кручении.				
Изгиб прямого стержня.	6	2	6	24
Тема 6. Изгиб прямого стержня.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
<p>Понятия об изгибе. Виды изгиба. Расчетные схемы простейших типов балок. Определение реакций опор при изгибе. Анализ внутренних силовых факторов при изгибе. Правило знаков для внутренних силовых факторов. Дифференциальные зависимости между внутренними силовыми факторами и интенсивностью распределенной нагрузки при изгибе. Закономерности эпюр внутренних силовых факторов.</p> <p>Тема 7. Определение напряжений при изгибе. Чистый изгиб. Нормальные напряжения при чистом изгибе. Положение нейтральной линии при чистом изгибе. Условие прочности при чистом изгибе. Рациональные формы поперечных сечений при изгибе. Поперечный изгиб. Напряжения, возникающие при поперечном изгибе. Определение касательных напряжений при поперечном изгибе. Условия прочности при поперечном изгибе. Полная проверка на прочность балки при поперечном изгибе.</p> <p>Тема 8. Определение перемещений при изгибе. Перемещения, возникающие при изгибе. Дифференциальное уравнение изогнутой оси балки. Дифференциальные зависимости между перемещениями и внутренними силовыми факторами при изгибе. Метод начальных параметров для определения перемещений. Общие методы определения перемещений в упругих системах. Понятие об обобщенной силе и обобщенном перемещении. Определение перемещений методом интеграла Мора. Определение перемещений способом Верещагина. Условие жесткости при изгибе.</p>				
<p>Основы напряженного и деформированного состояния в точке тела.</p>	2	0	2	8
<p>Тема 9. Напряженное состояние в точке тела. Составляющие напряженного состояния в точке тела. Закон парности касательных напряжений. Тензор напряжений. Виды напряженного состояния в точке тела. Главные напряжения и главные площадки. Плоское напряженное состояние. Напряжения на наклонных площадках при плоском напряженном состоянии. Главные напряжения при плоском напряженном состоянии. Наибольшие значения нормальных и касательных напряжений.</p> <p>Тема 10. Деформированное состояние в точке тела. Составляющие деформированного состояния в точке тела. Обобщенный закон Гука. Объемная деформация. Потенциальная энергия деформации.</p>				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Классические теории прочности. Рав-ноопасные напряженные состояния. Эквивалентное напряжение. Теория наибольших нормаль-ных напряжений. Теория наибольших линейных деформаций. Теория наибольших касательных напряжений. Энергетическая (четвертая) теория прочности. Теория прочности Мора.				
Сложное сопротивление.	2	4	2	9
Тема 11. Косой изгиб. Внецентренное растяжение (сжатие). Виды сложного сопротивления. Плоский и пространственный косой изгиб. Анализ внут-ренних силовых факторов при косом изгибе. Напряжения при косом изгибе. Положение ней-тральной линии при косом изгибе. Условие прочности при косом изгибе. Внецентренное рас-тяжение (сжатие): анализ внутренних силовых факторов, возникающие напряжения, положение нейтральной линии, условие прочности, ядро сечения. Тема 12. Изгиб с кручением. Изгиб с кручением валов круглого сечения. Анализ внутренних силовых факторов. На-пряжения при изгибе с кручением. Напряженное состояние и условие прочности в опасной точке при совместном действии изгиба и кручения круглых валов. Расчет по теориям прочности.				
Усталостная прочность материалов.	0	2	1	7
Тема 13. Усталостная прочность материалов. Явление усталости. Малоцикловая и многоцикловая усталость. Основные характеристики циклов. Механические характеристики сопротивления усталости. Кривые усталостной прочно-сти. Циклическая долговечность. Физический и условный предел выносливости. Связь предела выносливости с другими механическими характеристиками. Диаграмма предельных амплитуд и её схематизация. Влияние различных факторов на сопротивление усталости. Определение предела выносливости детали. Расчет на сопротивление усталости при асимметричных циклах нагружения.				
Устойчивость стержней.	0	2	1	8
Тема 14. Устойчивость сжатых стержней. Устойчивые, неустойчивые и безразличные формы равновесия системы. Критическая сила сжатого стержня. Задача Эйлера по определению критической силы. Влияние условий закрепления стержней на величину критической силы. Критические напряжения. Гибкость. Пределы				



Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
применимости формулы Эйлера. Расчет на устойчивость за пределами упругости. Полный график зависимости критических напряжений от гибкости стержня. Расчет на устойчивость. Коэффициент запаса устойчивости. Расчет на устойчивость по коэффициенту продольного изгиба. Рациональные конструкционные материалы и формы сечений сжатых стержней.				
ИТОГО по 5-му семестру	16	18	18	90
ИТОГО по дисциплине	16	18	18	90

### Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Расчет на прочность и определение деформаций стержневых систем, работающих на растяжение и сжатие
2	Определение геометрических характеристик плоских сечений
3	Расчеты на прочность и жёсткость при кручении
4	Определение внутренних силовых факторов при изгибе. Построение эпюр внутренних силовых факторов. Расчет балки на прочность по нормальным напряжениям
5	Полная проверка на прочность двутавровой балки
6	Расчет на прочность плоской рамы. Построение эпюр внутренних силовых факторов в рамах
7	Определение перемещений при изгибе методом начальных параметров. Расчет на жёсткость при изгибе
8	Определение перемещений при изгибе методом интеграла Мора и способом Верещагина
9	Определение перемещений в плоских рамах
10	Раскрытие статической неопределимости стержневых систем методом сил. Расчет статически неопределимой балки
11	Расчет статически неопределимого вала
12	Анализ плоского напряженного состояния в точке тела
13	Расчет балки на прочность при косом изгибе. Определение рационального расположения сечения балки
14	Расчет вала на прочность при изгибе с кручением
15	Расчет вала на сопротивление многоциклового усталости
16	Расчет на устойчивость центрально сжатого стержня
17	Расчеты на прочность и жесткость при ударе
18	Расчеты простейших осесимметричных оболочек

## Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Сравнительные испытания на растяжение пластичных и хрупких материалов. Определение основных характеристик прочности и пластичности материала
2	Сравнительные испытания на сжатие хрупких и пластичных материалов
3	Экспериментальное определение методом тензометрирования упругих характеристик материала: модуля Юнга и коэффициента Пуассона
4	Определение модуля сдвига по результатам испытания на кручение тонкостенной трубки
5	Опытное определение перемещений при изгибе в заданных сечениях балки
6	Опытное определение реакций опор в статически неопределимой балке
7	Опытное определение перемещений консольной балки при косом изгибе
8	Опытное определение перемещений при изгибе с кручением в заданных сечениях балки
9	Экспериментальное определение критической силы центрально сжатого стержня большой гибкости

## Тематика примерных курсовых проектов/работ

№ п.п.	Наименование темы курсовых проектов/работ
1	Расчет и проектирование вала, работающего в условиях многоциклового характера нагружения

## 5. Организационно-педагогические условия

### 5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности обучающихся на достижение целей занятия.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

## 5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

## 6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

### 6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
<b>1. Основная литература</b>		
1	Жученков А. П. Сопротивление материалов : конспект лекций : учебное пособие для вузов / А. П. Жученков, М. Л. Зинштейн, А. М. Ханов. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2014.	50
2	Сопротивление материалов : учебное пособие / А. А. Балакирев [и др.]. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2007.	395
3	Феодосьев В. И. Сопротивление материалов : учебник для вузов / В. И. Феодосьев. - Москва: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2007.	146
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	Ицкович Г. М. Руководство к решению задач по сопротивлению материалов : учебное пособие для вузов / Г. М. Ицкович, Л. С. Минин, А. И. Винокуров. - Москва: Высш. шк., 2001.	177
2	Писаренко Г. С. Справочник по сопротивлению материалов / Г.С. Писаренко, А.П. Яковлев, В.В. Матвеев. - Киев: Дельта, 2008.	20
3	Сопротивление материалов : учебное пособие для вузов / Н. Н. Вассерман [и др.]. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2011.	41
4	Ч. 1. - Пермь: , Изд-во ПНИПУ, 2016. - (Сопротивление материалов: тестовые задания : учебное пособие; Ч. 1).	15
<b>2.2. Периодические издания</b>		
1	Вестник ПНИПУ. Аэрокосмическая техника / Пермский национальный исследовательский политехнический университет ; Под ред. В. Ю. Петрова ; Р. В. Бульбовича. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2012 -.	
2	Вестник ПНИПУ. Машиностроение, материаловедение : журнал / Пермский национальный исследовательский политехнический университет ; Российская академия наук, Сибирское отделение ; Российская академия наук, Уральское отделение ; Пермский край. Министерство промышленности, инноваций и науки ; Росмолодежь ; Под ред. В. Ю. Петрова ; Под ред. В. Я. Беленького. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2012 -.	

3	Вестник ПНИПУ. Механика : журнал / Пермский национальный исследовательский политехнический университет ; Под ред. А. А. Ташкинова. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2012 -.	
<b>2.3. Нормативно-технические издания</b>		
	Не используется	
<b>3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины</b>		
	Не используется	
<b>4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента</b>		
	Не используется	

## 6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Жученков А. П. Сопротивление материалов : конспект лекций : учебное пособие для вузов / А. П. Жученков, М. Л. Зинштейн, А. М. Ханов. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2014.	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib3688">http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib3688</a>	локальная сеть; свободный доступ
Дополнительная литература	Сопротивление материалов : учебное пособие для вузов / Н. Н. Вассерман [и др.]. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2011.	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib3352">http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib3352</a>	локальная сеть; свободный доступ
Основная литература	Жученков А. П. Сопротивление материалов : конспект лекций : учебное пособие для вузов / А. П. Жученков, М. Л. Зинштейн, А. М. Ханов. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2014.	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib3688">http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib3688</a>	локальная сеть; свободный доступ
Основная литература	Сопротивление материалов : учебное пособие / А. А. Балакирев [и др.]. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2007.	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2659">http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2659</a>	локальная сеть; свободный доступ
Основная литература	Феодосьев В. И. Сопротивление материалов : учебник для вузов / Феодосьев В. И. - Москва: МГТУ им. Баумана, 2018.	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-106484">http://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-106484</a>	локальная сеть; авторизованный доступ

## 6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567

#### 6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	<a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	<a href="http://lib.pstu.ru/">http://lib.pstu.ru/</a>
Электронно-библиотечная система Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Электронно-библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	<a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>
Информационно-справочная система нормативно-технической документации "Техэксперт: нормы, правила, стандарты и законодательства России"	<a href="https://техэксперт.сайт/">https://техэксперт.сайт/</a>

#### 7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Курсовая работа	Парты	15
Лабораторная работа	столы лабораторные	11
Лабораторная работа	тензомер Гугенберга	2
Лабораторная работа	Универсальная настольная электромеханическая испытательная машина Инстрон модель 3369 в комплекте с ПК	1
Лабораторная работа	универсальный учебный многоналадочный комплекс для проведения лабораторных работ по дисциплине "Сопротивление материалов" СМ-1	5
Лабораторная работа	установка для балансировки тел вращения ТМт 05	1
Лабораторная работа	установка для изучения плоской системы произвольно расположенных сил ТМт 02	1
Лабораторная работа	установка для определения модуля сдвига при кручении и главных напряжений при кручении и при совместном действии изгиба и кручения ТМт11/14	1
Лабораторная работа	установка для определения опорных реакций балок ТМт 03	1
Лабораторная работа	установка для определения прогибов балки на двух опорах ТМт 13	1
Лабораторная работа	установка для определения устойчивости сжатого стержня большой гибкости ТМт 15	1
Лабораторная работа	установка для определения центра тяжести плоских фигур ТМт 04	1
Лабораторная работа	установка для системы плоских сходящихся сил ТМт 01	1

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лабораторная работа	штангенциркули	5
Лекция	Доска маркерная	1
Лекция	Ноутбук	1
Лекция	Парты	15
Лекция	Проектор	1
Практическое занятие	Доска маркерная	1
Практическое занятие	Парты	15

## 8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет»**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине  
**«Сопротивление материалов»**  
*Приложение к рабочей программе дисциплины*

**Форма обучения:** Очная

**Курс:** 2/3

**Семестр:** 4/5

**Трудоёмкость:**

Кредитов по рабочему учебному плану: 5 3Е  
Часов по рабочему учебному плану: 180 ч.

**Форма промежуточной аттестации:**

Экзамен: 4/5 семестр  
Курсовая работа: 4/5 семестр

Пермь 2023

**Фонд оценочных средств** для проведения промежуточной аттестации обучающихся для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

### 1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине, объекты оценивания и виды контроля

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (4-го либо 5-го семестра учебного плана) и разбито на 2 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные, практические занятия, а также самостоятельная работа студентов. Во втором модуле предусмотрено выполнение лабораторных работ. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения по дисциплине (табл. 1).

Контроль уровня усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, сдаче отчетов по лабораторным работам, защите курсовой работы и сдаче экзамена. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВЫ)	Вид контроля						
	Текущий	Рубежный			Итоговый		
	ТК	РГРР	ЛР	Контр Раб.	Зачет	КР	Экзамен
<b>Усвоенные знания</b>							
<b>З.1</b> знать теоретические положения, лежащие в основе расчетов на прочность, жёсткость и устойчивость элементов конструкций; – основные гипотезы, допущения и законы, используемые в курсе «Сопроотивление материалов»; – виды простого и сложного сопротивления элементов конструкций; – существующие методы стандартных испытаний для определения механических свойств материалов; – сущность процессов и явлений, возникающих при деформировании материалов; – классические теории и критерии прочности и пластичности материалов; – основы проведения расчетов элементов конструкций при простых и сложных видах сопротивления.	ТК				ТВ		ТВ
<b>Освоенные умения</b>							
<b>У.1</b> – ориентироваться в выборе расчетных схем элементов конструкций; – проводить расчеты на прочность, жёсткость и устойчивость стержней и		РГРР	ОЛР 1-9		ПЗ, КЗ		ПЗ, КЗ



<p>стержневых систем; – подбирать и использовать справочную литературу, необходимую для проведения инженерных расчетов; – определять механические характеристики материалов по результатам проведённых лабораторных испытаний; – выбирать и применять теории прочности при проектировании и расчете элементов конструкций; – проводить расчеты элементов конструкций при простых и сложных видах сопротивления.</p>							
<b>Приобретенные владения</b>							
<p><b>В.1</b> владеть – навыками проведения инженерных расчетов на прочность и жесткость стержневых систем, работающих на растяжение и сжатие, сдвиг, кручение, изгиб; – навыками расчета элементов конструкций при простых и сложных видах сопротивления; – навыками выбора оптимальных размеров и форм поперечных сечений стержней, обеспечивающих требуемые показатели надежности, безопасности и экономичности; – навыками определения основных характеристик прочности, пластичности и упругости материалов; – навыками самостоятельной работы в лабораторных условиях по экспериментальному изучению механического поведения и определению свойств конструкционных материалов.</p>		РГРР	ОЛР 1-9		КЗ	КР	КЗ

*ТК – текущий контроль в форме тестирования; РГРР – практические занятия с последующим выполнением расчётно-графических работ; ОЛР – лабораторные работы с последующей подготовкой отчёта; КР – курсовая работа; КЗ – комплексное задание зачета/экзамена, ТВ – теоретический вопрос, Р- контрольная работа, ПЗ – вопросы и практические задания для контроля освоенных умений.*

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде экзамена, проводимая с учетом результатов текущего и рубежного контроля.

## **2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения**

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучаемых, повышение мотивации к учебе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

- входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучаемого и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;
- текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;

- промежуточный и рубежный контроль освоения обучаемыми отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланчного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов по лабораторным работам, рефератов, эссе и т.д.

Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

- межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам для каждого направления подготовки (специальности), курса, группы;

- контроль остаточных знаний.

### **2.1. Текущий контроль усвоения материала**

Текущий контроль усвоения материала в форме собеседования или выборочного теоретического опроса студентов проводится по каждой теме. Текущему контролю подлежит посещаемость студентами аудиторных занятий.

### **2.2. Рубежный контроль**

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится в форме тестирования, контрольной работы, а также защиты расчетно-графических и лабораторных работ.

#### **2.2.1. Защита лабораторных работ**

Всего запланировано 9 лабораторных работ. Типовые темы лабораторных работ приведены в РПД.

Защита лабораторной работы проводится индивидуально каждым студентом или группой студентов. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС программы.

#### **2.2.2. Защита расчетно-графических работ**

Всего запланировано 18 практических занятий с последующим выполнением расчетно-графических работ (РГРР). Типовые темы практических занятий приведены в РПД.

Защита расчетно-графической работы проводится индивидуально каждым студентом. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС программы.

### **2.3. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)**

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех лабораторных и расчетно-графических работ и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

Промежуточная аттестация, согласно РПД, проводится в виде защиты курсовой работы, а также экзамена по дисциплине устно по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практические задания (ПЗ) для проверки усвоенных умений и комплексные задания (КЗ) для контроля уровня приобретенных владений всех заявленных компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности *всех* заявленных компетенций.

Форма билета представлена в Приложении 1.

Выполнение курсовой работы призвано выявить способности студентов на основе полученных знаний самостоятельно решать конкретные практические задачи или проводить исследование по одному из разделов (модулей), изучаемых по общепрофессиональным и специальным дисциплинам, а также направлено на формирование соответствующих компетенций студента. Выполняется типовая курсовая работа на тему «Расчет и проектирование вала, работающего в условиях многоциклового характера нагружения» или «Расчет на прочность вала при изгибе с кручением». Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС программы.

По результатам защиты курсовой работы выставляется интегральная оценка по 4-х балльной шкале оценивания, которая распространяется на все запланированные образовательные результаты в форме знать, уметь, владеть, указанные в задании на курсовую работу.

### **2.2.1. Типовые вопросы и задания для экзамена по дисциплине**

#### **Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:**

1. Основные понятия и гипотезы сопротивления материалов. Прочность. Жесткость. Устойчивость. Упругость. Способность к пластическому деформированию. Хрупкость. Основные модели сопротивления материалов (модели формы, материала и типа нагружения). Расчетная схема;

2. Внешние и внутренние силовые факторы. Классификация внутренних силовых факторов. Метод сечений;

3. Напряженное состояние в физической точке. Нормальные и касательные напряжения;

4. Центральное растяжение (сжатие). Продольные силы, нормальные напряжения и осевые деформации. Коэффициент Пуассона, модуль Юнга;

5. Механические характеристики материала. Диаграмма одноосного растяжения упруго-пластического и хрупкого материала. Экспериментальное определение модуля Юнга. Пределы текучести и прочности. Условные пределы текучести. Характеристики пластичности материалов;

6. Принципы расчета элементов конструкций. Предельные, допустимые, реальные напряжения. Коэффициент запаса прочности и факторы, определяющие его значение. Расчет по допускаемым напряжениям (прочностной расчет);

7. Принципы расчета элементов конструкций. Предельные, допустимые, реальные напряжения. Расчет по допускаемым перемещениям (расчет на жесткость);

8. Геометрические характеристики поперечных сечений. Статический момент сечения, осевые моменты инерции сечений, полярный момент инерции, их определение для простых (круг, прямоугольник, треугольник) форм сечений и сложных;

9. Геометрические характеристики плоских сечений. Осевые и центробежный моменты инерции, их определение для простых (круг, прямоугольник, треугольник) форм сечений и сложных;

10. Геометрические характеристики плоских сечений. Главные оси. Осевые моменты инерции, вычисленные относительно главных центральных осей;

11. Напряжения и деформации при чистом сдвиге. Закон Гука при чистом сдвиге;

12. Напряжения и деформации стержня круглого поперечного сечения при кручении;

13. Виды изгиба. Определение внутренних силовых факторов при изгибе. Дифференциальные связи между внутренними силовыми факторами;

14. Деформации и напряжения при чистом изгибе;

15. Определение перемещений при чистом изгибе. Дифференциальное уравнение изогнутой оси стержня;

16. Поперечный изгиб. Касательные напряжения при поперечном изгибе. Формула Журавского

17. Понятие об устойчивости. Задача Эйлера. Первая критическая сила. Коэффициент приведенной длины. Гибкость стержня;

18. Физическая точка деформируемого твердого тела. Напряженное состояние в физической точке. Виды напряженных состояний

19. Плоское напряженное состояние. Главные напряжения. Определение главных напряжений. Ориентация площадок, на которых действуют главные напряжения;

20. Плоское напряженное состояние. Наибольшие касательные напряжения. Ориентация площадок, на которых действуют наибольшие касательные напряжения;

21. Деформированное состояние физической точки. Осевые деформации и углы сдвига. Обобщенный закон Гука для изотропного тела. Относительное изменение объема;

22. Деформированное состояние физической точки. Осевые деформации и углы сдвига. Потенциальная энергия упругих деформаций;

23. Теории прочности. Эквивалентное напряженное состояние. Первая и вторая теории прочности. Коэффициенты запаса прочности;

24. Теории прочности. Эквивалентное напряженное состояние. Третья теория прочности. Коэффициенты запаса прочности;

25. Теории прочности. Эквивалентное напряженное состояние. Четвертая теория прочности. Коэффициенты запаса прочности;

26. Теории прочности. Эквивалентное напряженное состояние. Теории прочности Мора. Коэффициенты запаса прочности

**Типовые вопросы и практические задания для контроля освоенных умений:**

1. Расчет на прочность и жесткость стержней и стержневых систем. Построение эпюр осевых сил, нормальных напряжений и перемещений поперечных сечений. Определение деформации при растяжении-сжатии;

2. Расчет на прочность и жесткость валов круглого и кольцевого поперечного сечения. Построение эпюр крутящих моментов и углов поворота поперечных сечений. Определение касательных напряжений. Оптимальное проектирование валов;

3. Статически неопределимые стержни при растяжении-сжатии и кручении;

4. Геометрические характеристики поперечных сечений. Статический момент сечения, осевые моменты инерции сечений, центробежный и полярный момент инерции, их определение для простых (круг, прямоугольник, треугольник) форм сечений и сложных. Определение центров масс для простых (круг, прямоугольник, треугольник) форм сечений и сложных;

5. Расчет на прочность балок при изгибе. Построение эпюр поперечных сил и

изгибающих моментов. Дифференциальные связи между внутренними силовыми факторами. Определение нормальных и касательных напряжений при изгибе. Оптимальное проектирование балок;

6. Определение перемещений при чистом изгибе. Дифференциальное уравнение изогнутой оси балки. Расчеты на жесткость при изгибе.

7. Расчет на прочность при совместном действии изгиба и кручения. Выбор теории прочности. Оптимальное проектирование валов при сложном сопротивлении;

8. Расчет на устойчивость центрально- и внецентренно сжатых стержней. Определение критических сил.

#### **Типовые комплексные задания для контроля приобретенных владений:**

1. Комплексное задание по расчету стержней.

Перечень типовых ситуационных заданий и кейсов для проверки владений представлен в приложении 2. *Полный перечень теоретических вопросов и практических заданий в форме утвержденного комплекта экзаменационных билетов хранится на выпускающей кафедре.*

#### **2.2.2. Шкалы оценивания результатов обучения на экзамене**

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания путем выборочного контроля во время экзамена.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче экзамена для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в таблицах 2.1, 2.2, 2.3

Таблица 2.1. Шкала оценивания уровня знаний

<b>Балл</b>	<b>Уровень усвоения</b>	<b>Критерии оценивания уровня усвоенных знаний</b>
5	Максимальный уровень	<i>Студент правильно ответил на теоретический вопрос билета. Показал отличные знания в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на все дополнительные вопросы</i>
4	Средний уровень	<i>Студент ответил на теоретический вопрос билета с небольшими неточностями. Показал хорошие знания в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов</i>
3	Минимальный уровень	<i>Студент ответил на теоретический вопрос билета с существенными неточностями. Показал удовлетворительные знания в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено много неточностей</i>
2	Минимальный уровень не достигнут	<i>При ответе на теоретический вопрос билета студент продемонстрировал недостаточный уровень знаний. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов</i>

Таблица 2.2. Шкала оценивания уровня умений

<b>Балл</b>	<b>Уровень освоения</b>	<b>Критерии оценивания уровня освоенных умений</b>
5	Максимальный уровень	<i>Студент правильно выполнил практическое задание билета. Показал отличные умения в рамках освоенного учебного материала. Ответил на все дополнительные вопросы</i>
4	Средний уровень	<i>Студент выполнил практическое задание билета с небольшими неточностями. Показал хорошие умения в рамках освоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов</i>
3	Минимальный уровень	<i>Студент выполнил практическое задание билета с существенными неточностями. Показал удовлетворительные умения в рамках освоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено много неточностей</i>
2	Минимальный уровень не достигнут	<i>При выполнении практического задания билета студент продемонстрировал недостаточный уровень умений. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов</i>

Таблица 2.3. Шкала оценивания уровня приобретенных владений

Балл	Уровень приобретения	Критерии оценивания уровня приобретенных владений
5	Максимальный уровень	<i>Студент правильно выполнил комплексное задание билета. Показал отличные владения навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на все дополнительные вопросы.</i>
4	Средний уровень	<i>Студент выполнил комплексное задание билета с небольшими неточностями. Показал хорошие владения навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов.</i>
3	Минимальный уровень	<i>Студент выполнил комплексное задание билета с существенными неточностями. Показал удовлетворительное владение навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено много неточностей.</i>
2	Минимальный уровень не достигнут	<i>При выполнении комплексного задания билета студент продемонстрировал недостаточный уровень владения умениями и навыками при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неточностей.</i>

### 3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и компетенций

#### 3.1. Оценка уровня сформированности компонентов компетенций

При оценке уровня сформированности компетенций в рамках выборочного контроля при экзамене считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Типовые критерии и шкалы оценивания уровня сформированности компонентов компетенций приведены в общей части ФОС образовательной программы.

#### 3.2. Оценка уровня сформированности компетенций

Общая оценка уровня сформированности всех компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

## Оценочный лист

Оценочный лист промежуточной аттестации в виде экзамена является инструментом для оценивания преподавателем уровня освоения компонентов контролируемых компетенций путём агрегирования оценок, полученных студентом за ответы на вопросы билета, и результатов текущей успеваемости студента. Заполняя все позиции оценочного листа, преподаватель выставляет частные оценки по результатам текущей успеваемости студента, а также по ответам на вопросы и задания билета.

В оценочный лист включаются:

- Интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля по 4-х балльной шкале оценивания.
- Три оценки за ответы на вопросы и задания билета по 4-х балльной шкале оценивания.
- Средняя оценка уровня сформированности компетенций.
- Итоговая оценка уровня сформированности компетенций.

По первым 4-м оценкам вычисляется средняя оценка уровня сформированности заявленных компетенций, на основании которой по сформулированным ниже критериям выставляется итоговая оценка промежуточной аттестации по дисциплине. Форма оценочного листа с примерами получения итоговой оценки уровня сформированности компетенций приведена в таблице 3.1.

Таблица 3.1. Форма и пример оценочного листа уровня сформированности компетенций

Интегральный результат текущего и рубежного контроля (по результатам текущей успеваемости)	Оценка за дифференцированный зачет для каждого результата обучения			Средняя оценка уровня сформированности компетенций	Итоговая оценка за промежуточную аттестацию
	знания	умения	владения		
5	5	4	5	4.75	Отлично
4	3	3	3	3.25	Удовлетворительно
3	5	4	3	3.75	Хорошо
3	3	3	2	2.75	Неудовлетворительно
3	3	4	2	3.0	Неудовлетворительно

### Критерии выведения итоговой оценки промежуточной аттестации:

«Отлично» – средняя оценка  $> 4,5$ .

«Хорошо» – средняя оценка  $> 3,7$  и  $\leq 4,5$ .

«Удовлетворительно» – средняя оценка  $\geq 3,0$  и  $\leq 3,7$  при отсутствии хотя бы одной неудовлетворительной оценки за компоненты компетенций.

«Неудовлетворительно» – средняя оценка  $< 3,0$  или присутствует хотя бы одна неудовлетворительная оценка за компоненты компетенций.



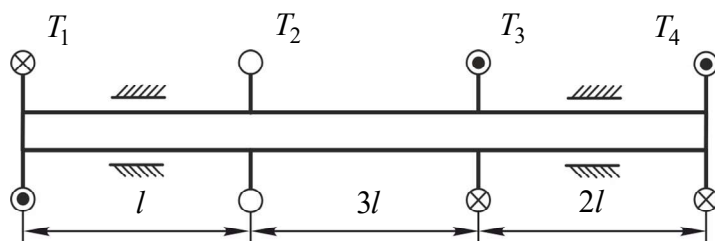
Министерство науки и высшего  
образования РФ  
ФГАОУ ВПО «Пермский  
национальный исследовательский  
политехнический университет»  
(ПНИПУ)

Дисциплина «Сопротивление материалов»

**БИЛЕТ № 1**

**Теоретический вопрос.** Механические характеристики материала. Диаграмма одноосного растяжения упруго-пластического и хрупкого материала. Экспериментальное определение модуля Юнга. Пределы текучести и прочности. Условные пределы текучести. Характеристики пластичности материалов;

**Задача.** Определить диаметр вала постоянного по длине круглого поперечного сечения, если  $l = 1,5$  м,  $T_1 = 6$  кН·м,  $T_3 = 5$  кН·м и  $T_4 = 5$  кН·м;  $[\sigma_{\tau}] = 50$  МПа,  $[\theta] = 0,5$  градус/м и  $[G] = 8 \cdot 10^4$  МПа. Построить эпюры крутящих моментов и углов поворота сечений



Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_ (подпись)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 г.

