

Глазовский инженерно-экономический институт  
(филиал) Федерального государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего образования  
«Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова»  
(ГИЭИ (филиал) ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М.Т. Калашникова»)



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
Сопротивление материалов

направление подготовки: 15.03.05 – Конструкторско-технологическое  
обеспечение машиностроительных производств

направленность (профиль): Технологии цифрового проектирования и  
производства в машиностроении

уровень образования: бакалавриат

форма обучения: очная

общая трудоемкость дисциплины составляет: 4 зачетных единиц

Кафедра «Машиностроение и информационные технологии»

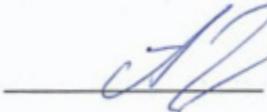
Составитель: Горбушин А.Г., преподаватель

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» и рассмотрена на заседании кафедры.

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» и рассмотрена на заседании кафедры.

Протокол от 22.05.2023 г. № 5

Заведующий кафедрой



А.Г. Горбушин

22.05.2023 г.

## СОГЛАСОВАНО

Количество часов рабочей программы и формируемые компетенции соответствуют учебному плану по направлению подготовки 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств», профиль «Технологии цифрового проектирования и производства в машиностроении».

Протокол заседания учебно-методической комиссии от 24 мая 2023 г. № 2

Председатель учебно-методической комиссии ГИЭИ



А.Г. Горбушин

Руководитель образовательной программы



А.В. Овсянников

22.05.2023 г.

## Аннотация к дисциплине

<b>Название дисциплины</b>	Сопротивление материалов
<b>Направление подготовки (специальность)</b>	15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»
<b>Направленность (профиль/программа/специализация)</b>	Технологии цифрового проектирования и производства в машиностроении
<b>Место дисциплины</b>	Обязательная часть Блока 1 «Дисциплины (модули)».
<b>Трудоемкость (з.е. / часы)</b>	4 з.е./144 часа
<b>Цель изучения дисциплины</b>	Ознакомление с теоретическими основами расчета на прочность и жесткость элементов машин и конструкций, работающих в различных условиях эксплуатации; обучение приемам прочностного расчета типовых элементов машин и конструкций. Ознакомление с методикой механических испытаний материалов, а также с экспериментальными методами оценки прочности элементов машин и конструкций.
<b>Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины</b>	ОПК-5. Способен использовать основные закономерности, действующие в процессе изготовления машиностроительных изделий требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда.
<b>Содержание дисциплины (основные разделы и темы)</b>	Прочность и жесткость стержневых систем при центральном растяжении (сжатии). Геометрические характеристики сечений бруса. Основы теории напряженно-деформированного состояния элементов конструкций. Чистый сдвиг. Кручение. Плоский изгиб балок. Сложное сопротивление бруса. Прочность и жесткость упругих систем при циклическом и ударном нагружении.
<b>Форма промежуточной аттестации</b>	Зачет с оценкой

## 1. Цели и задачи дисциплины:

**Целью** освоения дисциплины является ознакомление с теоретическими основами расчета на прочность и жесткость элементов машин и конструкций, работающих в различных условиях эксплуатации; обучение приемам прочностного расчета типовых элементов машин и конструкций. Ознакомление с методикой механических испытаний материалов, а также с экспериментальными методами оценки прочности элементов машин и конструкций.

### **Задачи** дисциплины:

- приобретение студентами теоретических знаний по расчету на прочность и жесткость элементов машин и конструкций;
- приобретение практических навыков по расчету на прочность и жесткость элементов машин и конструкций;
- приобретение теоретических знаний и практических навыков механических испытаний материалов, а также с экспериментальных методов оценки прочности элементов машин и конструкций.

## 2. Планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины у студента должны быть сформированы

### **Знания, приобретаемые в ходе освоения дисциплины**

№ п/п	Знания
1.	Основные принципы и гипотезы курса «Сопротивление материалов»
2.	Основные механические характеристики конструкционных материалов
3.	Методы определения внутренних силовых факторов в типовых элементах конструкций
4.	Методы расчета стержневых систем на прочность и жесткость в условиях растяжения, сжатия, кручения, изгиба и сложного сопротивления
5.	Методы расчетов на прочность при действии нагрузок, циклически изменяющихся во времени и при динамическом нагружении упругих систем

### **Умения, приобретаемые в ходе освоения дисциплины**

№ п/п	Умения
1.	Определять напряжения, деформации и перемещения в статически определимых упругих системах
2.	Определять напряжения и перемещения в упругих системах при динамическом нагружении
3.	Осуществлять выбор рационального сечения стержня и материала из условия прочности и устойчивости
4.	Определять для данного элемента конструкции величину допускаемой нагрузки из условия прочности и устойчивости

### **Навыки, приобретаемые в ходе освоения дисциплины**

№ п/п	Навыки
1.	Определение механических характеристик материалов при испытаниях образцов

2.	Практический расчет на прочность и жесткость элементов машин и конструкций
3.	Вычисление напряжений, деформаций и перемещений в упругих системах при статических и динамических нагрузках

### Компетенции, приобретаемые в ходе освоения дисциплины

Компетенции	Индикаторы	Знания	Умения	Навыки
ОПК-5. Способен использовать основные закономерности, действующие в процессе изготовления машиностроительных изделий требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда	ОПК-5.1. Знать: законы естественных наук, основные закономерности, действующие в процессе конструирования и проектирования, технологии изготовления машиностроительных изделий, их влияние на качественные показатели и производственные затраты	1,2,3,4,5		
	ОПК-5.2. Уметь: применять естественнонаучные знания для конструирования, проектных расчетов, технологии изготовления изделий машиностроения, определения производственных затрат		1,2,3,4	
	ОПК-5.3. Владеть: навыками конструирования, проектных расчетов, проектирования технологии изготовления изделий машиностроения, определения производственных затрат			

### 3. Место дисциплины в структуре ООП:

Дисциплина относится к обязательной части Блока 1 «Дисциплины (модули)».  
Дисциплина изучается на 2 курсе в 4 семестре.

Изучение дисциплины базируется на знаниях, умениях и навыках, полученных при освоении дисциплин (модулей): физика, высшая математика, инженерная графика и теоретическая механика.

Перечень последующих дисциплин (модулей), для которых необходимы знания, умения и навыки, формируемые данной учебной дисциплиной: Основы проектной деятельности, Детали машин и мехатронных модулей, Метрология, стандартизация и сертификация, Методы компьютерного конструирования, Проектирование средств технологического оснащения.

## Структура и содержание дисциплины

### 4.1. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

№ п/п	Раздел дисциплины. Форма промежуточной аттестации	Семестр	Всего часов на раздел	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы					Содержание самостоятельной работы
				контактная					
				ЛЕК	ПРАК	ЛАБ	КЧА	СРС	
1	Прочность и жесткость СТЕРЖНЕВЫХ СИСТЕМ ПРИ ЦЕНТРАЛЬНОМ РАСТЯЖЕНИИ (СЖАТИИ)	4	24	4	2	2		16	Выполнение практических и лабораторных работ
2	ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЙ БРУСА	4	18	4	2	2		10	Выполнение практических и лабораторных работ
3	ОСНОВЫ ТЕОРИИ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ	4	18	4	2	2		10	Выполнение практических и лабораторных работ
4	Чистый сдвиг. Кручение	4	18	4	2	2		10	Выполнение практических и лабораторных работ
5	Плоский изгиб балок	4	24	6	2	2		14	Выполнение практических и лабораторных работ
6	Сложное сопротивление бруса.	4	20	6	4	4		6	Выполнение практических и лабораторных работ
7	Прочность и жесткость упругих систем при циклическом и ударном нагружении.	4	20	4	2	2		12	Выполнение практических и лабораторных работ
	ЗАЧЕТ	4	2				0,4	1,6	ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ.
	ВСЕГО		144	32	16	16		78	

### 4.2. Содержание разделов курса и формируемых в них компетенций

№ п/п	Раздел дисциплины	Коды компетенции и индикаторов	Знания	Умения	Навыки	Форма контроля
1	Прочность и жесткость СТЕРЖНЕВЫХ СИСТЕМ ПРИ ЦЕНТРАЛЬНОМ РАСТЯЖЕНИИ (СЖАТИИ) (ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ РАСТЯЖЕНИИ (СЖАТИИ). Закон Р. Гука. ХАРАКТЕРИСТИКИ УПРУГОСТИ ИЗОТРОПНЫХ МАТЕРИАЛОВ. ОПАСНЫЕ И ДОПУСКАЕМЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ. МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАТЕРИАЛОВ ПРИ РАСТЯЖЕНИИ И СЖАТИИ. УСЛОВИЯ ПРОЧНОСТИ И ЖЕСТКОСТИ ПРИ РАСТЯЖЕНИИ (СЖАТИИ) СТЕРЖНЯ).	ОПК-5.1 ОПК-5.2 ОПК-5.3	1, 2, 3	1, 3, 4	1, 2, 3	Выполнение практических и лабораторных работ
2	ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ	ОПК-5.1	1	3	3	Выполнение

	ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЧЕНИЙ БРУСА (ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ. МОМЕНТЫ ИНЕРЦИИ И МОМЕНТЫ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПРОСТЕЙШИХ СЕЧЕНИЙ БРУСА. МОМЕНТЫ ИНЕРЦИИ СЕЧЕНИЯ ОТНОСИТЕЛЬНО ОСЕЙ, ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ЦЕНТРАЛЬНЫМ. ИЗМЕНЕНИЕ МОМЕНТОВ ИНЕРЦИИ СЕЧЕНИЯ ПРИ ПОВОРОТЕ ОСЕЙ. ГЛАВНЫЕ ЦЕНТРАЛЬНЫЕ ОСИ И ГЛАВНЫЕ ЦЕНТРАЛЬНЫЕ МОМЕНТЫ ИНЕРЦИИ СЕЧЕНИЯ).	ОПК-5.2 ОПК-5.3				практических и лабораторных работ
3	ОСНОВЫ ТЕОРИИ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ (ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ТЕОРИИ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ. НАПРЯЖЕНИЯ ПО ПРОИЗВОЛЬНЫМ ПЛОЩАДКАМ. ЗАКОН ПАРНОСТИ КАСАТЕЛЬНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ. ГЛАВНЫЕ ПЛОЩАДКИ И ГЛАВНЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ. ОБОБЩЕННЫЙ ЗАКОН Р. ГУКА. УДЕЛЬНАЯ ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ ЭНЕРГИЯ УПРУГОЙ ДЕФОРМАЦИИ). ТЕОРИИ ПРОЧНОСТИ.	ОПК-5.1 ОПК-5.2 ОПК-5.3	4	3	3	Выполнение практических и лабораторных работ
4	Чистый сдвиг. Кручение (Напряженное состояние при чистом сдвиге. Деформации при чистом сдвиге. Закон Р. Гука. Построение эпюр крутящих моментов при кручении вала. Касательные напряжения при кручении вала. Свободное кручение вала некруглого сечения. Расчеты на прочность и жесткость статически определимого вала).	ОПК-5.1 ОПК-5.2 ОПК-5.3	3,5	1, 3, 4	1, 3,	Выполнение практических и лабораторных работ
5	Плоский изгиб балок (Построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов. Нормальные напряжения при изгибе балок. Касательные напряжения при изгибе балок. Главные напряжения при изгибе балок. Условия прочности балки. Перемещения при изгибе балок. Условие жесткости балки. Универсальные уравнения для углов поворота и прогибов балок. Балки равного сопротивления).	ОПК-5.1 ОПК-5.2 ОПК-5.3	3,5	1, 3, 4	1, 2, 3	Выполнение практических и лабораторных работ
6	Сложное сопротивление бруса (Косой изгиб балки. Внецентренное растяжение (сжатие) бруса. Изгиб с кручением вала). Устойчивость сжатых стержней	ОПК-5.1 ОПК-5.2 ОПК-5.3	3,5	1, 3, 4	1, 3	Выполнение практических и лабораторных работ

7	Прочность и жесткость упругих систем при ударном нагружении (Напряжения и перемещения при продольном ударе. Поперечный удар упругих систем. Учет массы упругой системы при ударе. Крутящий удар. Определение приведенных масс упругих систем при ударе).	ОПК-5.1 ОПК-5.2 ОПК-5.3	5	2, 3	2	Выполнение практических и лабораторных работ
---	--	-------------------------------	---	------	---	--

#### 4.3. Наименование тем лекций, их содержание и объем в часах

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лекций	Трудоемкость (час)
1	1	Прочность и жесткость стержневых систем при центральном растяжении (сжатии)	4
2	2	Геометрических характеристики поперечных сечений	4
3	3	Основы теории напряженно-деформированного состояния элементов конструкций	4
4	4	Чистый сдвиг. Кручение	4
5	5	Плоский изгиб балок	6
6	6	Сложное сопротивление бруса.	2
7	6	Устойчивость сжатых стержней	4
8	7	Прочность и жесткость упругих систем при циклическом и ударном нагружении.	4
Всего			32

#### 4.4. Наименование тем практических занятий, их содержание и объем в часах

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование практических занятий	Трудоемкость (час)
1	1	Расчеты на прочность и жесткость при растяжении и сжатии	2
3	2	Вычисление геометрических характеристик поперечных сечений бруса	2
3	3	Анализ напряженно-деформированного состояния элементов конструкций	2
4	4	Расчеты на прочность и жесткость при кручении	2
5	5	Построение эпюр в балках при изгибе	2
6	6	Внецентренное растяжение и сжатие	2
7	6	Расчет на устойчивость сжатой колонны	2
8	7	Расчеты на прочность при ударе	2
<b>Всего</b>			16

#### 4.5. Наименование тем лабораторных работ, их содержание и объем в часах

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость (час)
1	1	Испытание материалов на растяжение	2

2	2	Испытание материалов на сжатие	2
3	3	Испытание материалов на кручение	2
4	4	Определение характеристик упругости	2
5	5	Испытание балки при плоском изгибе	2
6	6	Косой изгиб балки	2
7	6	Исследование напряженного состояния электротензометрированием	2
8	7	Определение перемещений при ударе. Ударная вязкость.	2
<b>Всего</b>			<b>16</b>

## 5. Оценочные материалы для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по дисциплине

Для контроля результатов освоения дисциплины проводятся:

- защиты практических работ.
- защиты лабораторных работ.

Примечание: оценочные материалы (типовые варианты практических и лабораторных работ и др.) приведены в приложении к рабочей программе дисциплины.

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины – Зачет с оценкой.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.

### А) ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

№ п/п	НАИМЕНОВАНИЕ КНИГИ	Год издания
1.	Добровольский В.И. Сопротивление материалов: учебник / В.И. Добровольский, С.В. Добровольский. – Ижевск: Изд-во ИжГТУ, 2011. – 404 с. Экземпляров всего: 396	2011
2.	Александров А.В. Сопротивление материалов: учебник для вузов / А.В. Александров, В.Д. Потапов, Б.П. Державин. – 2-е изд., испр. – М.: Высш. шк., 2001. – 560 с. Экземпляров всего: 102	2001

### Б) ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

№ п/п	НАИМЕНОВАНИЕ КНИГИ	Год издания
1.	Добровольский В.И. Оценка прочности, жесткости и устойчивости элементов конструкций: учебное пособие / В.И. Добровольский, С.В. Добровольский. – Ижевск: ИжГТУ, 2009. – 324 с. Экземпляров всего: 342	2008
2.	Dobrovolsky V.I. Mechanics of Materials: textbook / V.I. Dobrovolsky, S.V. Dobrovolsky. – Izhevsk: Publishing House of ISTU, 2012. – 408 p. Экземпляров всего: 33	2012
3.	Dobrovolsky V.I. Strength, rigidity and stability analyses of construction elements: tutorial / V.I. Dobrovolsky, S.V. Dobrovolsky. – Izhevsk: Publishing House of ISTU, 2013. – 320 p. Экземпляров всего: 29	2013

4.	Dobrovolsky V.I. Mechanical Tests of Materials: study guide / V.I. Dobrovolsky, S.V. Dobrovolsky. – Izhevsk: Publishing House of ISTU, 2013. – 268 p. Экземпляров всего: 27	2013
----	---	------

## **в) ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ ИНТЕРНЕТ**

1. Электронно-библиотечная система IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru>
2. Электронный каталог научной библиотеки ИЖГТУ имени М.Т. Калашникова  
Web ИРБИС  
[http://94.181.117.43/cgi-bin/irbis64r\\_12/cgiirbis\\_64.exe?LNG=&C21COM=F&I21DBN=IBIS&P21DBN=IBIS](http://94.181.117.43/cgi-bin/irbis64r_12/cgiirbis_64.exe?LNG=&C21COM=F&I21DBN=IBIS&P21DBN=IBIS)
3. Национальная электронная библиотека - <http://нэб.рф>.
4. Мировая цифровая библиотека - <http://www.wdl.org/ru/>
5. Международный индекс научного цитирования Web of Science – <http://webofscience.com>.
6. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU – <https://elibrary.ru/defaultx.asp>
7. Техническая библиотека <https://istu.ru/material/tehnicheskaya-biblioteka>
8. Единое окно доступа к образовательным ресурсам [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://window.edu.ru>

## **г) Программное обеспечение**

1. ОС Windows 7 (Windows XP, Windows Vista);
2. MS Office;

## **д) методические указания**

1. Добровольский В. И. Механические испытания материалов: учебно-методическое пособие / В. И. Добровольский, С. В. Добровольский. – Ижевск: Изд-во ИЖГТУ, 2008. – 268 с.

## **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины:**

### **7.1. Лекционные занятия.**

Учебные аудитории для лекционных занятий укомплектованы мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории (наборы демонстрационного оборудования (проектор, экран, компьютер/ноутбук), учебно-наглядные пособия, тематические иллюстрации).

### **7.2. Практические занятия.**

Учебные аудитории для практических занятий укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

### **7.3. Лабораторные работы.**

Учебная лаборатория механических испытаний материалов, аудитория 3Г, учебного корпуса №3, оборудование: машины для механических испытаний материалов, ноутбук, проектор, экран, наборы слайдов.

#### 7.4. Самостоятельная работа.

Помещения для самостоятельной работы оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и доступом к электронной информационно-образовательной среде ИжГТУ имени М.Т. Калашникова:

- научная библиотека ИжГТУ имени М.Т. Калашникова: ауд. 201 корпус № 1, адрес: 426069, Удмуртская Республика, г. Ижевск, ул. Студенческая, д.7;

- помещения для самостоятельной работы обучающихся: ауд. ОД-1, ОД-8, корпус №4, адрес: 426069, Удмуртская Республика, г. Ижевск, ул. Студенческая, д. 37.

При необходимости рабочая программа дисциплины (модуля) может быть адаптирована для обеспечения образовательного процесса инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, в том числе для обучения с применением дистанционных образовательных технологий. Для этого требуется заявление студента (его законного представителя) и заключение психолого-медико-педагогической комиссии (ПМПК).

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова»

**Оценочные средства  
по дисциплине**

«Сопротивление материалов»

Направление 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение  
машиностроительных производств»

программа «Технологии цифрового проектирования и производства в  
машиностроении»

уровень образования: бакалавриат

форма обучения: очная

общая трудоемкость дисциплины составляет: 4 зачетные единицы

## 1 Оценочные средства

Оценивание формирования компетенций производится на основе результатов обучения, приведенных в п. 2 рабочей программы и ФОС. Связь разделов компетенций, индикаторов и форм контроля (текущего и промежуточного) указаны в таблице 4.2 рабочей программы дисциплины.

Оценочные средства соотнесены с результатами обучения по дисциплине и индикаторами достижения компетенций, представлены ниже.

№ п/п	Коды компетенции и индикаторов	Результат обучения (знания, умения и навыки)	Формы текущего и промежуточного контроля
1	ОПК-5.1. Знать: законы естественных наук, основные закономерности, действующие в процессе конструирования и проектирования, технологии изготовления машиностроительных изделий, их влияние на качественные показатели и производственные затраты	31: Основные принципы и гипотезы курса «Сопротивление материалов» 32: Основные механические характеристики конструкционных материалов 33: Методы определения внутренних силовых факторов в типовых элементах конструкций 34: Методы расчета стержневых систем на прочность и жесткость в условиях растяжения, сжатия, кручения, изгиба и сложного сопротивления 35: Методы расчетов на прочность при действии нагрузок, циклически изменяющихся во времени и при динамическом нагружении упругих систем	Выполнение практических и лабораторных работ. Зачет
2	ОПК-5.2. Уметь: применять естественнонаучные знания для конструирования, проектных расчетов, технологии изготовления изделий машиностроения, определения производственных затрат	У1: Определять напряжения, деформации и перемещения в статически определимых упругих системах У2: Определять напряжения и перемещения в упругих системах при динамическом нагружении У3: Осуществлять выбор рационального сечения стержня и материала из условия прочности и устойчивости У4: Определять для данного элемента конструкции величину допускаемой нагрузки из условия прочности и устойчивости	Выполнение практических и лабораторных работ. Зачет
3	ОПК-5.3. Владеть: навыками	Н1: Определение механиче-	Выполнение практических и

	<p>конструирования, проектных расчетов, проектирования технологии изготовления изделий машиностроения, определения производственных затрат</p>	<p>ских характеристик материалов при испытаниях образцов  Н2: Практический расчет на прочность и жесткость элементов машин и конструкций  Н3: Вычисление напряжений, деформаций и перемещений в упругих системах при статических и динамических нагрузках</p>	<p>лабораторных работ. Зачет</p>
--	--	---	----------------------------------

## ОПИСАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ФОС

**Критерии оценки:** приведены в разделе 2.

**Наименование:** зачет.

**Представление в ФОС:** перечень вопросов.

**Перечень вопросов для проведения зачета:**

1. Введение. Основные понятия и гипотезы курса.
2. Классификация сил, метод сечений.
3. Понятия о напряжениях, деформациях и перемещениях.
4. Центральное растяжение (сжатие). Определение напряжений в поперечном и наклонном сечениях стержня.
5. Закон Р. Гука при растяжении (сжатии). Характеристики упругости материала.
6. Механические испытания материалов на растяжение. Характеристики прочности и пластичности.
7. Механические испытания материалов на сжатие. Характеристики прочности.
8. Опасные и допускаемые напряжения при растяжении (сжатии). Условие прочности стержня.
9. Расчет на прочность и жесткость статически определимых стержней.
10. Стержни равного сопротивления.
11. Деформации при линейном, плоском и объемном напряженных состояниях (обобщенный закон Гука).
12. Объемный закон Гука.
13. Построение эпюр внутренних силовых факторов при изгибе балок.
14. Плоский изгиб. Определение нормальных напряжений при изгибе.
15. Определение касательных напряжений при поперечном изгибе.
16. Главные напряжения при изгибе. Условия прочности балки.
17. Определение перемещений при изгибе интегрированием.
18. Универсальные уравнения углов поворота и прогибов балки.
19. Балка равного сопротивления.
20. Чистый сдвиг. Закон Р. Гука при чистом сдвиге.

21. Анализ напряженного состояния при чистом сдвиге. Определение допускаемых напряжений.
22. Построение эпюр крутящих моментов при кручении вала.
23. Определение касательных напряжений при кручении вала круглого сечения.
24. Расчет статически определимого вала на прочность и жесткость.
25. Косой изгиб. Определение напряжений и перемещений при косом изгибе.
26. Уравнение нейтральной линии при косом изгибе. Условие прочности балки при косом изгибе.
27. Внецентренное растяжение-сжатие. Определение напряжений при внецентренном растяжении-сжатии.
28. Уравнение нейтральной линии при внецентренном растяжении-сжатии. Условие прочности бруса при внецентренном растяжении-сжатии.
29. Изгиб с кручением. Расчет на прочность вала круглого сечения при изгибе с кручением.
30. Типы циклов. Основные характеристики цикла.
31. Предел выносливости (усталости). Методика его экспериментального определения.
32. Влияние концентрации напряжений на усталостную прочность элементов конструкций.
33. Влияние размеров детали на циклическую прочность (масштабный эффект).
34. Влияние шероховатости поверхности детали на циклическую прочность (поверхностный эффект).
35. Диаграмма предельных напряжений при циклическом нагружении.
36. Схематизация диаграмм предельных напряжений.
37. Определение запаса прочности детали по схематизированной диаграмме Гудмана.
38. Понятие об устойчивости. Задача Л. Эйлера по определению критической силы.
39. Влияние способа закрепления стойки на величину критической силы при продольном изгибе.
40. Определение критических напряжений по формулам Л. Эйлера и Ф.С. Ясинского.
41. Проверочный расчет стержней на устойчивость с использованием коэффициента снижения допускаемого напряжения на сжатие (прямая задача).
42. Проектный расчет стержней на устойчивость с использованием коэффициента снижения основного допускаемого напряжения (обратная задача).
43. Расчеты на прочность и жесткость при ударе.
44. Определение напряжений при продольном ударе.
45. Динамические напряжения и перемещения при поперечном ударе.

***Возможно проведение в виде тестирования:***

**Вопрос 1. Растяжение и сжатие – такой вид нагружения, при котором возникает только один внутренний силовой фактор: ...**

- а) поперечная сила
- б) нормальная сила
- в) крутящий момент
- г) изгибающий момент

**Вопрос 2. Нормальная сила положительна при...**

- а) растяжении
- б) сжатии
- в) кручении
- г) изгибе

**Вопрос 3. Нормальная сила вызывает в поперечном сечении...**

- а) касательное напряжение
- б) полное напряжение  $p$
- в) нормальное напряжение  $\sigma$
- г) главное напряжение  $\sigma_1$

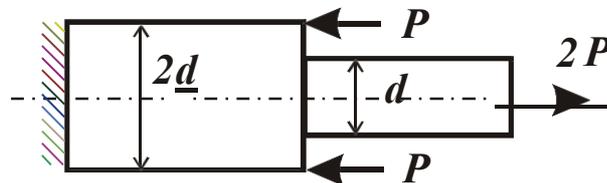
**Вопрос 4. Нормальное напряжение при растяжении и сжатии вычисляется по формуле:**

- а)  $\frac{M_K}{W_P}$
- б)  $\frac{M_X}{W_X}$
- в)  $\frac{M_Y}{W_Y}$
- г)  $\frac{N}{F}$

**Вопрос 5. Дифференциальная зависимость при растяжении и сжатии связывает...**

- а) нормальную силу и погонную нагрузку  $\frac{dN}{dz} = q$
- б) крутящий момент и погонный момент  $\frac{dM_K}{dz} = m$
- в) поперечную силу и погонную нагрузку  $\frac{dQ}{dz} = q$
- г) изгибающий момент и поперечную силу  $\frac{dM}{dz} = Q$

**Вопрос 6. Известны действующие нагрузки и размеры стержня.**



Максимальное напряжение при растяжении и сжатии составляет:

- а)  $\frac{P}{8\pi d^2}$
- б)  $\frac{2P}{\pi d^2}$
- в)  $\frac{8P}{\pi d^2}$
- г)  $\frac{P}{2\pi d^2}$

**Вопрос 7. На основе условия прочности  $\sigma_{\max} = \left(\frac{N}{F}\right)_{\max} \leq [\sigma]$  при растяжении и сжатии можно выполнять:**

- а) проектировочный расчет
- б) расчет на грузоподъемность
- в) проверочный расчет
- г) проектировочный расчет, расчет на грузоподъемность и проверочный расчеты

**Вопрос 8. Условие жесткости при растяжении и сжатии имеет следующий вид:**

$$\begin{array}{ll} \text{а) } \Delta\phi_{\max} = \int \frac{M_K dz}{l \frac{GI_P}{Pl^3}} \leq [\Delta\phi] & \text{б) } \Delta l_{\max} = \int \frac{N dz}{l \frac{EF}{Pl^3}} \leq [\Delta l] \\ \text{в) } y_{\max} = \left| k_Y \frac{1}{EI_X} \right| \leq [y] & \text{г) } x_{\max} = \left| k_X \frac{1}{EI_Y} \right| \leq [x] \end{array}$$

**Вопрос 9. Предел прочности  $\sigma_B$  – это ...**

- а) максимальное напряжение, до которого сохраняется прямо пропорциональная зависимость между напряжением и деформацией
- б) максимальное напряжение, до которого в образце не возникают остаточные деформации
- в) напряжение, при котором образец удлиняется без заметного увеличения нагрузки
- г) напряжение, соответствующее максимальной нагрузке на диаграмме

**Вопрос 10. Условный предел текучести  $\sigma_{0,2}$  - это...**

- а) максимальное напряжение, до которого сохраняется прямо пропорциональная зависимость между напряжением и деформацией
- б) максимальное напряжение, до которого в образце не возникают остаточные деформации
- в) напряжение, при котором образец удлиняется без заметного увеличения нагрузки
- г) напряжение, при котором остаточная деформация составляет 0,2%

**Критерии оценки:** приведены в разделе 2.

**Наименование:** защита лабораторных работ

**Представление в ФОС:** задания и требования к выполнению представлены в методических указаниях по дисциплине.

**Варианты заданий:**

1. Испытание материалов на растяжение
2. Испытание материалов на сжатие
3. Испытание материалов на кручение
4. Определение характеристик упругости
5. Испытание балки при плоском изгибе
6. Косой изгиб балки
7. Исследование напряженного состояния электротензометрированием
8. Определение перемещений при ударе. Ударная вязкость.

Задания и требования к выполнению представлены в методических указаниях по дисциплине.

**Наименование:** выполнение практических работ.

**Представление в ФОС:** задания и требования к выполнению представлены в методических указаниях по дисциплине

**Варианты заданий:**

### ПРИМЕРНЫЕ ВАРИАНТЫ

#### 1. «Расчеты на прочность и жесткость стержня при растяжении (сжатии)»

Задан ступенчатый стержень, нагруженный внешними сосредоточенными силами  $P_i$  и распределенными нагрузками  $q_j$ :

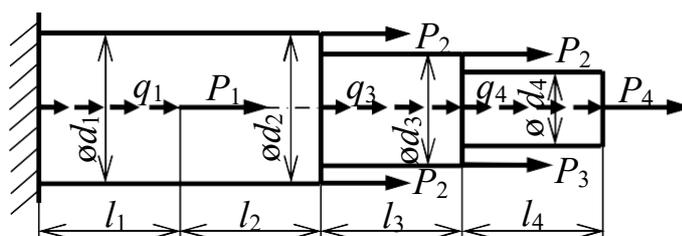
При расчетах принять:

- распределенная нагрузка  $q=2$  кН/см;
- $q_2=0$ ;
- длина  $l=50$  см;
- сила  $P=0,5ql=50$  кН;
- модуль упругости материала стержня при растяжении  $E=2 \cdot 10^5$  МПа;
- предел текучести материала стержня  $\sigma_t=300$  МПа;
- допускаемое перемещение  $[\delta]=2 \cdot 10^{-4}$  м.

Необходимо для ступенчатого стержня выполнить следующее:

1. Начертить индивидуальную расчетную схему стержня.
2. Построить эпюру нормальных сил  $N_z$  в долях  $P$ .
3. Построить эпюру нормальных напряжений  $\sigma_z$  в долях  $P/F$ , где  $F = \pi d^2/4$  – площадь сечения диаметром  $d$  стержня.
4. Построить эпюру перемещений  $\Delta z$  в долях  $P/EF$ .
5. Найти диаметры поперечных сечений участков стержня из условия прочности при заданном коэффициенте запаса прочности  $n_t$ .
6. Проверить и при необходимости обеспечить выполнение условия жесткости стержня.

Обобщенная расчетная схема стержня



Исходные данные для расчета взять из таблицы в соответствии с цифрами номера варианта (ЦНВ):

ЦНВ	1-я ЦНВ				2-я ЦНВ				3-я ЦНВ				4-я ЦНВ			
	$l_1$	$P_1$	$d_1$	$D_2$	$l_2$	$P_2$	$d_3$	$q_1$	$l_3$	$P_3$	$d_4$	$q_3$	$l_4$	$P_4$	$n_r$	$q_4$
1	$2l$	$-2P$	$2d$	$2d$	$2l$	$5P$	$0,5d$	$-q$	$l$	$P$	$2d$	$0$	$l$	$7P$	$2,0$	$q$
2	$3l$	$-P$	$3d$	$3d$	$3l$	$-4P$	$2,5d$	$2q$	$4l$	$4P$	$3d$	$-q$	$3l$	$-8P$	$2,5$	$2q$
3	$l$	$2P$	$4d$	$4d$	$l$	$4P$	$1,5d$	$-3q$	$2l$	$-5P$	$4d$	$2q$	$1,5l$	$5P$	$3,0$	$3q$
4	$2l$	$3P$	$6d$	$6d$	$2l$	$-3P$	$1,5d$	$-2q$	$3l$	$3P$	$5d$	$-2q$	$2l$	$-6P$	$3,5$	$4q$
5	$3l$	$-3P$	$2d$	$2d$	$3l$	$-2P$	$d$	$2q$	$2l$	$-3P$	$d$	$0$	$l$	$6P$	$4,0$	$-q$
6	$2l$	$4P$	$2d$	$2d$	$2l$	$3P$	$2d$	$q$	$l$	$2P$	$2d$	$3q$	$2l$	$-4P$	$4,5$	$-2q$
7	$4l$	$-4P$	$8d$	$8d$	$4l$	$-P$	$1,5d$	$-q$	$3l$	$-2P$	$d$	$-3q$	$1,5l$	$4P$	$5,0$	$-3q$
8	$l$	$5P$	$3d$	$3d$	$l$	$-2P$	$2d$	$3q$	$2l$	$P$	$2d$	$4q$	$3l$	$-2P$	$2,0$	$-4q$
9	$1,5l$	$5P$	$5d$	$5d$	$1,5l$	$P$	$d$	$-4q$	$3l$	$-6P$	$d$	$-4q$	$4l$	$2P$	$3,0$	$5q$
0	$l$	$P$	$d$	$d$	$l$	$-5P$	$1,5d$	$q$	$1,5l$	$-4P$	$d$	$q$	$2l$	$-10P$	$1,5$	$0$

## 2. «РАСЧЕТ ВАЛА НА ЦИКЛИЧЕСКУЮ ПРОЧНОСТЬ»

Задано:

- конструктивная схема и продольные размеры вала;
- тип концентратора напряжений;
- материал вала;
- воспринимаемые валом усилия от механических передач ( $P_1, P_2$ ) и их направления ( $\beta, \gamma$ );
- экстремальные значения передаваемого крутящего момента ( $M_{kmax}, M_{kmin}$ );
- состояние поверхности вала в зоне концентрации напряжений.

При расчете принять:

коэффициент запаса статической прочности  $n_t = 5$ ;

модуль сдвига  $G = 0,8 \cdot 10^5$  МПа;

коэффициент Пуассона  $\mu = 0,3$ .

Перечеркнутый участок вала имеет квадратное сечение.

Исходные данные для расчета взять из таблиц в соответствии с цифрами номера варианта (ЦНВ).

Необходимо выполнить следующее.

1. Определить размеры поперечных сечений на участках вала.
2. Вычислить коэффициент запаса циклической прочности при совместном действии изгиба и кручения.

ТАБЛИЦА. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Ц Н В	1-я ЦНВ			2-я ЦНВ			3-я ЦНВ				4-я ЦНВ		Сост. повер.
	№ сх.	Тип конц.	Сталь	$l_1$ , мм	$l_2$ , мм	$l_3$ , мм	$P_1$ , кН	$\beta$ , град.	$P_2$ , кН	$\gamma$ , град.	$M_{к\ max}$ , Н·м	$M_{к\ min}$ , Н·м	
1	1	1	30X	150	250	300	5	20	15	40	320	200	1
2	2	1	45	170	230	280	6	25	14	35	340	220	2
3	3	1	50	190	200	250	7	30	13	30	360	230	3
4	1	2	30	200	200	230	8	35	12	25	380	240	4
5	2	2	35	220	240	210	9	40	11	20	400	250	5
6	3	2	40	240	220	200	10	35	10	25	420	260	6
7	1	3	45X	260	200	180	11	30	9	30	440	270	7
8	2	3	50X	280	180	160	12	25	8	35	460	280	6
9	3	3	35X	300	180	180	13	20	7	30	480	290	5
0	1	2	40X	280	160	180	14	15	6	25	500	300	4

ТАБЛИЦА. КОНСТРУКТИВНЫЕ СХЕМЫ ВАЛА

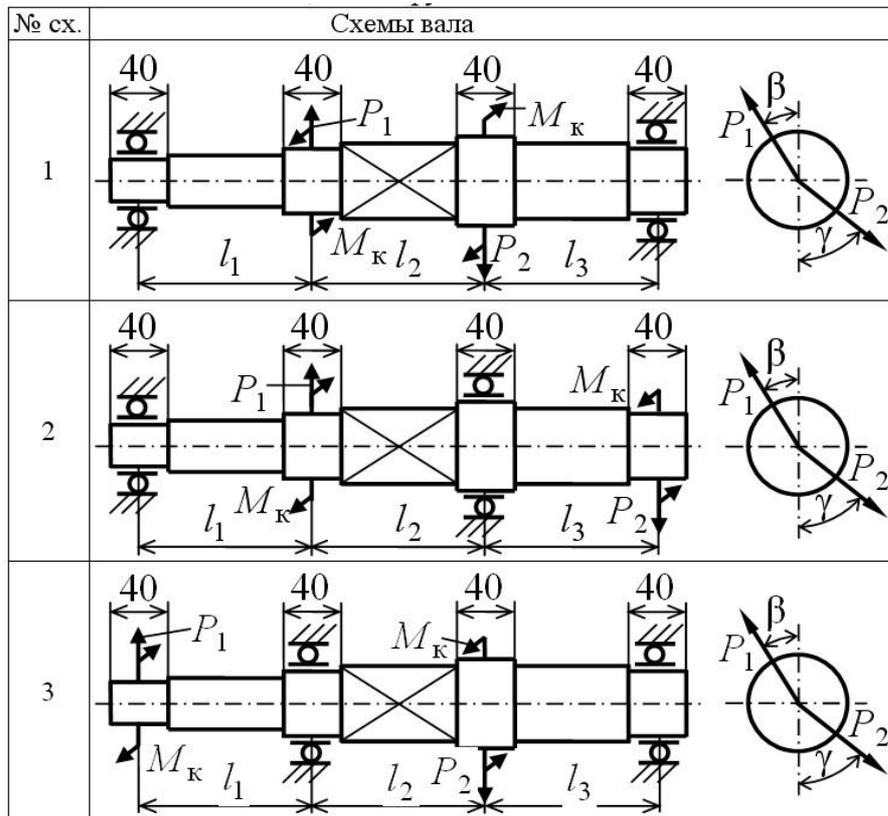
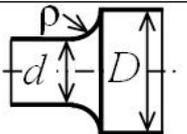
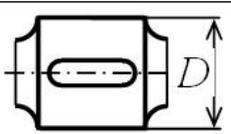
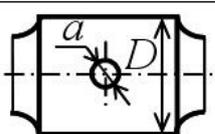


ТАБЛИЦА. ТИПЫ КОНЦЕНТРАТОРОВ НАПРЯЖЕНИЙ

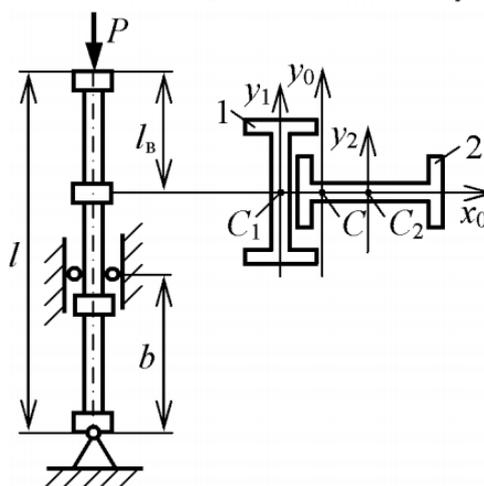
1	2	3
 <p><math>\rho = 0,5(D - d)</math></p>	 <p>ГОСТ 8788-88</p>	 <p><math>a/D = 0,1</math></p>

## 1. «РАСЧЕТ КОЛОННЫ НА УСТОЙЧИВОСТЬ»

**Задано:** рабочая нагрузка  $P = 300$  кН; продольные размеры  $l = 10$  м,  $b = 4$  м; материал – сталь 40 ( $E = 2 \cdot 10^5$  МПа;  $\sigma_T = 250$  МПа;  $\sigma_B = 420$  МПа); коэффициент запаса прочности  $n_T = 2$ .

**Необходимо** для колонны выполнить следующее.

1. Выбрать номер двутавров.
2. Вычислить критическую нагрузку  $P_{кр}$ .
3. Определить коэффициент запаса устойчивости  $n_y$ .



**Критерии оценки:** приведены в разделе 2.

## 2. Критерии и шкалы оценивания

Для контрольных мероприятий (текущего контроля) устанавливается минимальное и максимальное количество баллов в соответствии с таблицей. Контрольное мероприятие считается пройденным успешно при условии набора количества баллов не ниже минимального.

Результат обучения по дисциплине считается достигнутым при успешном прохождении обучающимся всех контрольных мероприятий, относящихся к данному результату обучения.

<i>Разделы дисциплины</i>	<i>Форма контроля</i>	<i>Количество баллов</i>	
		<i>min</i>	<i>max</i>
	<b>Выполнение практических работ:</b>		
1	Расчеты на прочность и жесткость при растяжении и сжатии	2	4
2	Вычисление геометрических характеристик поперечных сечений бруса	2	4
3	Анализ напряженно-деформированного состояния элементов конструкций	2	4
4	Расчеты на прочность и жесткость при кручении	2	4
5	Построение эпюр в балках при изгибе	2	4
6	Внецентренное растяжение и сжатие	2	4
6	Расчет на устойчивость сжатой колонны	2	4
7	Расчеты на прочность при ударе	2	4
	<b>Защита лабораторных работ:</b>		
1	Испытание материалов на растяжение	4	8
1	Испытание материалов на сжатие	4	8
4	Испытание материалов на кручение	4	8
3	Определение характеристик упругости	5	10
5	Испытание балки при плоском изгибе	5	10
6	Косой изгиб балки	4	8
6	Исследование напряженного состояния электротензометрированием	4	8
7	Определение перемещений при ударе. Ударная вязкость.	4	8
	<b>Итого</b>	<b>50</b>	<b>100</b>

При оценивании результатов обучения по дисциплине в ходе текущего контроля успеваемости используются следующие критерии. Минимальное количество баллов выставляется обучающемуся при выполнении всех показателей, допускаются несущественные неточности в изложении и оформлении материала.

<i>Наименование, обозначение</i>	<i>Показатели выставления минимального количества баллов</i>
Практическая работа	Задания выполнены более чем наполовину. Присутствуют серьёзные ошибки. Продемонстрирован удовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены низкие способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий. На защите практической работы даны правильные ответы не менее чем на 50% заданных вопросов
Лабораторная работа	Лабораторная работа выполнена в полном объеме; Представлен отчет, содержащий необходимые расчеты, выводы, оформленный в соответствии с установленными требованиями; Продемонстрирован удовлетворительный уровень владения материалом при защите лабораторной работы, даны правильные ответы не менее чем на 50% заданных вопросов

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета с оценкой.

Итоговая оценка по дисциплине может быть выставлена на основе результатов текущего контроля с использованием следующей шкалы:

<i>Оценка</i>	<i>Набрано баллов</i>
«отлично»	90-100
«хорошо»	75-89
«удовлетворительно»	60-74
«неудовлетворительно»	45-59

Если сумма набранных баллов менее 45 – обучающийся не допускается до промежуточной аттестации.

Если сумма баллов составляет от 45 до 59 баллов, обучающийся допускается до зачета.

Билет на зачет включает 1 теоретический вопрос и 1 практическое задание.

Промежуточная аттестация проводится в форме письменной работы.

Время на подготовку: 60 минут.

При оценивании результатов обучения по дисциплине в ходе промежуточной аттестации используются следующие критерии и шкала оценки.

При оценивании результатов обучения по дисциплине в ходе промежуточной аттестации используются следующие критерии и шкала оценки:

<i>Оценка</i>	<i>Критерии оценки</i>
«отлично»	Обучающийся показал всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, предусмотренного программой, умение уверенно применять на их практике при решении задач (выполнении заданий), способность полно, правильно и аргументировано отвечать на вопросы и делать необходимые выводы. Свободно использует основную литературу и знаком с дополнительной литературой, рекомендованной программой
«хорошо»	Обучающийся показал полное знание теоретического материала, владение основной литературой, рекомендованной в программе, умение самостоятельно решать задачи (выполнять задания), способность аргументировано отвечать на вопросы и делать необходимые выводы, допускает единичные ошибки, исправляемые после замечания преподавателя. Способен к самостоятельному пополнению и обновлению знаний в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности
«удовлетворительно»	Обучающийся демонстрирует неполное или фрагментарное знание основного учебного материала, допускает существенные ошибки в его изложении, испытывает затруднения и допускает ошибки при выполнении заданий (решении задач), выполняет задание при подсказке преподавателя, затрудняется в формулировке выводов. Владеет знанием основных разделов, необходимых для дальнейшего обучения, знаком с основной и дополни-

	тельной литературой, рекомендованной программой
«неудовлетворительно»	Обучающийся при ответе демонстрирует существенные пробелы в знаниях основного учебного материала, допускает грубые ошибки в формулировании основных понятий и при решении типовых задач (при выполнении типовых заданий), не способен ответить на наводящие вопросы преподавателя. Оценка ставится обучающимся, которые не могут продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании образовательного учреждения без дополнительных занятий по рассматриваемой дисциплине

## Лист согласования рабочей программы дисциплины на учебный год

Рабочая программа дисциплины (модуля) «Сопротивление материалов» по направлению подготовки 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств», программы «Технология машиностроения Индустрии 4.0»

согласована на ведение учебного процесса в учебном году:

<i>Учебный год</i>	<i>«Согласовано»: заведующий кафедрой, ответственной за РПД (подпись и дата)</i>
2024 – 2025	
2025 – 2026	
2026 – 2027	
2027 – 2028	