

УТВЕРЖДАЮ  
 Декан факультета

\_\_\_\_\_  
 (подпись) Знаменский Е.А.  
 « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МЕХАНИКА

Направление/специальность подготовки	15.03.03 Прикладная механика
Специализация/профиль/программа подготовки	Цифровые технологии в виброакустике и прочности
Уровень высшего образования	Бакалавриат
Форма обучения	Очная
Факультет	Е Оружие и системы вооружения
Выпускающая кафедра	Е5 ЭКОЛОГИЯ И ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ
Кафедра-разработчик рабочей программы	Е7 МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)									ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
4	7	4	144	68	17	17	34	76	0	18	58	ЭКЗ.

*ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ*

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО)**

**15.03.03 Прикладная механика**

год набора группы: 2025

Программу составил:

Кафедра Е7 МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА  
Буткарева Наталия Германовна, к.т.н., доцент, доцент

Программа рассмотрена  
на заседании кафедры-разработчика  
рабочей программы **Е7 МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА**

Заведующий кафедрой Санников В.А., д.т.н., доц.

Программа рассмотрена  
на заседании выпускающей кафедры

**Е5 ЭКОЛОГИЯ И ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**

Заведующий кафедрой Олейников А.Ю., к.т.н.

# **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МЕХАНИКА**

## **Разделы рабочей программы**

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

## **Приложения к рабочей программе дисциплины**

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы обучения
- Приложение 3. Фонды оценочных средств

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПК-7.6 — Способен проводить патентные исследования, руководить группой работников при исследовании самостоятельных тем, осуществлять научное руководство по отдельным задачам, управлять результатами научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### **ПК-7.6**

*знания:*

Знает методики проведения патентного поиска;;

*умения:*

Умеет руководить группой работников при исследовании самостоятельных тем, осуществлять научное руководство по отдельным задачам;;

*навыки:*

Владеет методами управления результатами научно - исследовательских и опытно - конструкторских работ..

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МЕХАНИКА** является дисциплиной **части**, формируемой участниками образовательных отношений блока 1, программы подготовки по направлению 15.03.03 Прикладная механика.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА МАШИН, ОСНОВЫ ВИБРОАКУСТИКИ, ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В АКУСТИЧЕСКИХ РАСЧЕТАХ, УРАВНЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ, МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕОРИИ ПРОЧНОСТИ, ТЕОРИЯ УПРУГОСТИ, ПЛАСТИЧНОСТИ И ПОЛЗУЧЕСТИ.**

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ИНЖЕНЕРНАЯ АКУСТИКА, МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ МОДЕЛИ ПРОЧНОСТИ И МЕХАНИКИ РАЗРУШЕНИЯ, ОБЪЕКТЫ И ТЕХНОЛОГИИ АКУСТИКО-ЭМИССИОННОГО КОНТРОЛЯ, ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ.**

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности
- ОПК-11 — Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения физико-математический аппарат и современные компьютерные технологии
- ОПК-12 — Способен учитывать современные тенденции развития техники и технологий в своей профессиональной деятельности
- ПК-7.1 — Способен участвовать в разработке, проектировании и реализации мероприятий по нормализации параметров физических факторов на рабочих местах и селитебных территориях, в целях повышения безопасности машин и конструкций
- ПК-7.2 — Способен обобщать и систематизировать информацию, технические данные, проводить инженерные расчеты по оценке и оптимизации технологий защиты окружающей среды
- ПК-7.3 — Способен выполнять прочностные, виброакустические расчеты машин и конструкций с применением CAD/CAE технологий
- ПК-7.4 — Способен учитывать прочностные и виброакустические особенности техники и конструкций для обеспечения безопасности при динамических, статических, вибрационных, акустических нагружениях
- ПК-94 — Способен к управлению информацией и данными, поиску источников информации и данных, восприятию, анализу, запоминанию и передаче информации с использованием цифровых средств, а также с помощью алгоритмов при работе с полученными из различных источников данными с целью эффективного использования полученной информации для решения задач

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 ч.

#### 3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме				Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, % ПК-7.6
				ВСЕГО	Лекции	Лабораторный практикум	Практические занятия		
4	7	<b>Раздел 1. Основные задачи механических испытаний. Испытательные машины и объекты испытаний.</b> 1.1.Классификация образцов. Испытательные комплексы. 1.2.Классификация методов испытаний. Машины для статических испытаний. 1.3. Маятниковые копры для испытания на ударную вязкость. Машины для испытания на усталость.	24	12	2	4	6	12	10
4	7	<b>Раздел 2. Испытание натурных конструкций: ударные стенды и вибростенды.</b> 2.1. Задачи и методы ударных испытаний. Классификация и конструктивные особенности ударных стендов. 2.2. Общие характеристики и классификация вибростендов. Возбудители колебаний для вибростендов: механические, электромагнитные, электродинамические, электро- и магнитодинамические. 2.3. Определение характеристик собственных колебаний с помощью резонансных испытаний. Испытания на вибропрочность и виброустойчивость.	22	8	2	2	4	14	10
4	7	<b>Раздел 3. Электрические средства измерения механических величин.</b> 3.1. Первичные (входные) преобразователи. Кинематический и инерционный принципы измерения. Виброметрический и акселерометрический режимы работы. 3.2. Генераторные промежуточные преобразователи: индукционные и пьезоэлектрические. 3.3.Параметрические промежуточные преобразователи: индуктивные, емкостные, резисторные.	16	4	4	0	0	12	10
4	7	<b>Раздел 4. Измерение деформаций тензометрическими методами.</b> 4.1. Тензорезисторные преобразователи. Тарировка тензорезисторов. 4.2.Электрические измерительные схемы: потенциометрические и мостовые схемы. 4.3.Тензометрические преобразователи механических величин: перемещений, сил, крутящих моментов, давления жидкостей и газов, ускорений и вибраций. 4.4.Тензорезисторы для измерения упругопластических деформаций и деформаций в зонах концентрации напряжений. 4.5.Высокотемпературные тензорезисторы.	26	14	4	4	6	12	10
4	7	<b>Раздел 5. Оптико-геометрические методы измерения деформаций.</b> 5.1. Механические тензометры. Струнные тензометры. 5.2. Метод геометрического муара. Метод интерференционного муара.	14	8	0	2	6	6	20
4	7	<b>Раздел 6. Измерение полей деформаций и напряжений оптическими методами.</b> 6.1 Поляризационно – оптический метод: физические основы поляризационно- оптического метода, техника эксперимента материалы фотоупругих моделей, тарировка пьезооптических материалов, способы разделения главных напряжений, применение поляризационно-оптического метода для исследования объемного напряженного состояния: метод составных моделей, метод «замораживания». 6.2 Голографический метод: получение голографического изображения, методы голографической интерферометрии, голографическая дефектоскопия.	19	11	2	3	6	8	10
4	7	<b>Раздел 7. Методы неразрушающего контроля.</b> 7.1 Ультразвуковые методы определения напряжений; 7.2. Методы обнаружения усталостных трещин: визуально-оптический метод; капиллярный метод; магнитный порошковый метод; метод вихревых токов; радиационные методы , акустические (ультразвуковые), теневой метод , импульсный эхо-метод, метод акустической эмиссии (АЭ).	10	2	2	0	0	8	20
4	7	<b>Раздел 8. Методы математической статистики в экспериментальных исследованиях.</b> 8.1 Моделирование сложных процессов 8.2 Классификация моделей: физическое моделирование; математическое моделирование 8.3 Оптимизация исследуемых процессов 8.4 Обработка и анализ результатов эксперимента; статическая проверка гипотез о свойствах эксперимента.	13	9	1	2	6	4	10
<b>Всего за 7 семестр</b>			144	68	17	17	34	76	100
<b>Всего по дисциплине</b>			144	68	17	17	34	76	100

#### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Основные задачи механических испытаний. Испытательные машины и объекты испытаний.	1. Определение характеристик основных механических свойств материалов по диаграммам растяжения и сжатия; обработка диаграмм; 2. Определение удельной ударной вязкости. Методика определения предела выносливости.	6
2	Раздел 2. Испытание натурных конструкций: ударные стенды и вибростенды.	1.Определение логарифмического декремента затухания 2. Расчет собственных частот колебаний по теоретическим формулам и сравнение с результатами испытаний	4

3	Раздел 4. Измерение деформаций тензометрическими методами.	1. Получение расчетных формул для тарировки тензорезисторов для балок равного сечения, равного сопротивления изгибу, диаметрально-сжатого диска; 2. Определение напряжений и деформаций методами сопротивления материалов в местах наклейки тензорезисторов.	6
4	Раздел 5. Оптико-геометрические методы измерения деформаций.	1. Расчет напряжений и деформаций методами сопротивления материалов для сравнения с показаниями тензометра Гугенбергера . 2. Определение перемещений методами сопротивления материалов для сравнения с показаниями стрелочного индикатора перемещений.	6
5	Раздел 6. Измерение полей деформаций и напряжений оптическими методами.	1. Определение масштабных коэффициентов при исследовании напряжений в оптически-активных образцах и реальных объектах на основании теории подобия и размерностей. 2.Обработка полей изохром и изоклин, полученных ПОМ.	6
6	Раздел 8. Методы математической статистики в экспериментальных исследованиях.	1. Статистическая обработка результатов измерений, определение погрешностей измерений. 2. Определение регрессионных коэффициентов. 3. Определение среднеквадратичного отклонения, доверительного интервала по результатам испытаний.	6
<b>Всего за 7 семестр</b>			<b>34</b>

### 3.3. Лабораторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного практикума	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Основные задачи механических испытаний. Испытательные машины и объекты испытаний.	1. Получение диаграммы растяжения при статическом разрыве образцов на разрывной машине. 2..Динамический разрыв на маятниковом копре. Сравнение механических характеристик.	4
2	Раздел 2. Испытание натуральных конструкций: ударные стенды и вибростенды.	1. Определение характеристик собственных колебаний с помощью резонансных испытаний. 2. Измерение логарифмического декремента затухания системы с одной степенью свободы. Измерение собственных частот и форм колебаний системы с n степенями свободы.	2
3	Раздел 4. Измерение деформаций тензометрическими методами.	1. Тарировка тензодатчиков на балке при чистом изгибе. Определение коэффициента преобразования, построение градуировочной характеристики. 2. Использование тензодатчиков при исследовании напряженного состояния при прямом поперечном изгибе, при изгибе бруса большой кривизны, при изгибе бруса с кручением. Определение коэффициента преобразования, построение градуировочной характеристики.	4
4	Раздел 5. Оптико-геометрические методы измерения деформаций.	1.Тензометры. Ознакомление с работой механического тензометра Гугенбергера на примере определения деформации при изгибе балки. 2. Определение прогибов и перемещений индикатором перемещений часового типа.	2
5	Раздел 6. Измерение полей деформаций и напряжений оптическими методами.	1. Исследование напряженного и деформированного состояний поляризационно-оптическим методом. Определение цены интерференционной полосы при растяжении стержня постоянного сечения, чистом изгибе балки, диаметрально сжатии плоского диска. 2. .Исследование интерференционной картины, построение изохром, изоклин, изостат. Анализ интерференционных картин деталей из оптически активных материалов различной формы.	3
6	Раздел 8. Методы математической статистики в	1.Анализ регрессионной зависимости между модулем упругости и пределом прочности при различных температурах. 2.Многофакторный регрессионный и дисперсионный анализ при исследовании зависимости модуля упругости от деформации.	2

экспериментальных исследованиях.	
<b>Всего за 7 семестр</b>	
	17

### 3.4. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Основные задачи механических испытаний. Испытательные машины и объекты испытаний.	Изучение конспекта лекций по теме и рекомендованного преподавателем учебного пособия. Подготовка к лабораторным работам. Оформление отчета по лабораторным работам. Подготовка к практическим занятиям.	12
2	Раздел 2. Испытание натурных конструкций: ударные стенды и вибростенды.	Изучение конспекта лекций по теме и рекомендованного преподавателем учебного пособия для ознакомления с работой вибростендов и оборудования к ним, с работой акселерометров и тензодатчиков. Подготовка к выполнению лабораторных работ по проведению испытаний на вибростенде. Оформление отчета по лабораторным работам. Подготовка к практическим занятиям.	14
3	Раздел 3. Электрические средства измерения механических величин.	Изучение материала раздела 3 по рекомендованным преподавателем учебным пособиям в дополнение к лекционному материалу.	12
4	Раздел 4. Измерение деформаций тензометрическими методами.	Изучение конспекта лекций по теме и рекомендованного преподавателем учебного пособия. Подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов по ним. Подготовка к практическим занятиям.	12
5	Раздел 5. Оптико-геометрические методы измерения деформаций.	Самостоятельное изучение темы по рекомендованным преподавателем учебным пособиям и написание конспекта по теме раздела. Подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов по ним. Подготовка к практическим занятиям.	6
6	Раздел 6. Измерение полей деформаций и напряжений оптическими методами.	Изучение конспекта лекций по теме и рекомендованного преподавателем учебного пособия. Подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов по ним. Подготовка к практическим занятиям.	8
7	Раздел 7. Методы неразрушающего контроля.	Изучение конспекта лекций по теме и рекомендованного преподавателем учебного пособия.	8
8	Раздел 8. Методы математической статистики в экспериментальных исследованиях.	Изучение конспекта лекций по теме и рекомендованного преподавателем учебного пособия. Подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов по ним. Подготовка к практическим занятиям.	4
<b>Всего за 7 семестр</b>			76

### 3.5. Курсовая работа

СОДЕРЖАНИЕ ЭТАПА	ПЕРИОД ИСПОЛНЕНИЯ (недели семестра)	ПЛАНИРУЕМОЕ ВРЕМЯ (час)
Этап 1. Ознакомление со списком КР, предложенных преподавателем, или самостоятельный выбор студента по тематике курса. Поиск материала для выбранной темы в	1 - 3	3



предложенной литературе, в электронных интернет- ресурсах, электронных библиотеках, в периодических научных журналах, рекомендуемых преподавателем.		
Этап 2. Систематизация изученного материал, составление плана КР, подготовка черновика КР, продумывания необходимых иллюстраций, рисунков, диаграмм, схем, графиков. Представление материала в электронном виде.	4 - 5	3
Этап 3. Подготовка доклада по теме КР в виде презентации с использованием мультимедийных средств. Представление студентом доклада в течение 25-30 минут на одном из практических занятий.	6 - 11	10
Этап 4. Оформление КР на компьютере. КР должна содержать не менее 25 страниц печатного текста. Сдача КР в печатном виде.	12 - 13	2
<b>Всего за 7 семестр</b>		<b>18</b>

#### 4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
7	Тип.зад		КР, Отч. по ПЗ, Вопр. Экз	КР, Тип.зад, Отч. по ПЗ, Вопр. Экз	Отч. по ЛР, КР, Вопр. Экз, КВ	ДР	КР, Тип.зад, Отч. по ПЗ, Вопр. Экз	КР, Тип.зад, Отч. по ПЗ, Вопр. Экз	Отч. по ЛР, КР, Вопр. Экз, КВ	ДР	КР, Тип.зад, Отч. по ПЗ, Вопр. Экз	Отч. по ЛР, Вопр. Экз	КР, Тип.зад, Отч. по ПЗ, Вопр. Экз	Вопр. Экз	Вопр. Экз, КВ	ДР	Вопр. Экз

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- Тип.зад – типовое задание;
- КР – курсовая работа;
- Отч. по ПЗ – отчет по практическому заданию;
- Вопр. Экз – вопросы к экзамену;
- Отч. по ЛР – отчет по ЛР;
- КВ – контрольные вопросы.

**Текущий контроль успеваемости** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- типовое задание;
- курсовая работа;
- отчет по практическому заданию;
- вопросы к экзамену;
- отчет по ЛР;
- контрольные вопросы.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен.

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. В. Ю. Гольцев. . Методы механических испытаний и механические свойства материалов. М.: Изд-во НИЯУ МИФИ, 2012, эл. рес.
2. Н. Г. Буткарева, А. З. Красильников. . Экспериментальная механика. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020, 45 экз.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

1. С. Атлури, А. Кобаяси, Д. Дэлли. . Экспериментальная механика. М.: Мир, 1990, 2 экз.

### 5.3. Периодические издания:

1. Датчики и системы;
2. Деформация и разрушение материалов;
3. Информационно-измерительные и управляющие системы.

### 5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины, электронные библиотечные системы:

1. <https://e.lanbook.com> — ЭБС Лань;
2. <https://urait.ru> — Главная – Образовательная платформа Юрайт. Для вузов и ссузов..

### Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;  
<http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований.

### Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. [http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=457](http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457) - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/>- КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

### 5.5. Программное обеспечение:

не требуется.

### 5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Лекционные занятия:**

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

### **6.2. Практические занятия:**

1. Интерактивная доска.

### **6.3. Лабораторные занятия:**

1. Приборы для измерения твердости по Бринеллю и Роквеллу;
2. Испытательная машина ИМ-4А с номинальной силой 40 кН.

### **6.4. Прочее:**

1. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
2. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

### Аннотация рабочей программы

Дисциплина **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МЕХАНИКА** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *15.03.03 Прикладная механика*. Дисциплина реализуется на факультете *Е Оружие и системы вооружения* БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой *Е7 МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА*.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПК-7.6 Способен проводить патентные исследования, руководить группой работников при исследовании самостоятельных тем, осуществлять научное руководство по отдельным задачам, управлять результатами научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с разработкой методов экспериментального определения напряжений, деформаций, перемещений, усилий и исследованием с применением этих методов напряженного и деформированного состояний, нагруженности и прочности деформируемых элементов машин и конструкций от действия механических, тепловых и других нагрузок. Методы экспериментальной механики основаны на использовании различных (электрических, тепловых, геометрических и др.) эффектов, сопровождающих деформацию тела.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

**Текущий контроль успеваемости** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- типовое задание;
- курсовая работа;
- отчет по практическому заданию;
- вопросы к экзамену;
- отчет по ЛР;
- контрольные вопросы.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **4 з.е., 144 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**17 ч.**), практические занятия (**34 ч.**), лабораторный практикум (**17 ч.**), самостоятельная работа студента (**76 ч.**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 144 ч., из них 68 ч. аудиторных занятий, и 76 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем, рубежном контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в приложении 3 к Рабочей программе.

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
<b>Раздел 1. Основные задачи механических испытаний. Испытательные машин и объекты испытаний.</b>		
Изучение конспекта лекций по теме и рекомендованного преподавателем учебного пособия. Подготовка к лабораторным работам. Оформление отчета по лабораторным работам. Подготовка к практическим занятиям.	В. Ю. Гольцев. . Методы механических испытаний и механические свойства материалов: М.: Изд-во НИЯУ МИФИ, 2012 (Гл1, Гл2)	12
Итого по разделу 1		12
<b>Раздел 2. Испытание натуральных конструкций: ударные стенды и вибростенды.</b>		
Изучение конспекта лекций по теме и рекомендованного преподавателем учебного пособия для ознакомления с работой вибростендов и оборудования к ним, с работой акселерометров и тензодатчиков. Подготовка к выполнению лабораторных работ по проведению испытаний на вибростенде. Оформление отчета по лабораторным работам. Подготовка к практическим занятиям.	Н. Г. Буткарева, А. З. Красильников. . Экспериментальная механика: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (Гл.1)	14
Итого по разделу 2		14
<b>Раздел 3. Электрические средства измерения механических величин.</b>		
Изучение материала раздела 3 по рекомендованным преподавателем учебным пособиям в дополнение к лекционному материалу.	Н. Г. Буткарева, А. З. Красильников. . Экспериментальная механика: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (Гл.2, разделы 2.6,2.7)	12
Итого по разделу 3		12
<b>Раздел 4. Измерение деформаций тензометрическими методами.</b>		
Изучение конспекта лекций по теме и рекомендованного преподавателем учебного пособия. Подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов по ним. Подготовка к практическим занятиям.	Н. Г. Буткарева, А. З. Красильников. . Экспериментальная механика: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (Гл.2, раздел 2.8)	12
Итого по разделу 4		12
<b>Раздел 5. Оптико-геометрические методы измерения деформаций.</b>		
Самостоятельное изучение темы по рекомендованным преподавателем учебным пособиям и написание конспекта по теме раздела. Подготовка к лабораторным работам и	С. Атлури, А. Кобаяси, Д. Дэлли. . Экспериментальная	6

оформление отчетов по ним. Подготовка к практическим занятиям.	механика: М.: Мир, 1990 (Гл.6; Гл.7) Н. Г. Буткарева, А. З. Красильников. . Экспериментальная механика: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (Гл.2)	
Итого по разделу 5		6
<b>Раздел 6. Измерение полей деформаций и напряжений оптическими методами.</b>		
Изучение конспекта лекций по теме и рекомендованного преподавателем учебного пособия. Подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов по ним. Подготовка к практическим занятиям.	Н. Г. Буткарева, А. З. Красильников. . Экспериментальная механика: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (Гл.3)	8
Итого по разделу 6		8
<b>Раздел 7. Методы неразрушающего контроля.</b>		
Изучение конспекта лекций по теме и рекомендованного преподавателем учебного пособия.	Н. Г. Буткарева, А. З. Красильников. . Экспериментальная механика: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (Гл.4)	8
Итого по разделу 7		8
<b>Раздел 8. Методы математической статистики в экспериментальных исследованиях.</b>		
Изучение конспекта лекций по теме и рекомендованного преподавателем учебного пособия. Подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов по ним. Подготовка к практическим занятиям.	Н. Г. Буткарева, А. З. Красильников. . Экспериментальная механика: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (Гл.6)	4
Итого по разделу 8		4

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, включают в себя:

- диагностическая работа
- контрольные вопросы;
- отчет по практическому заданию;
- типовое задание;
- курсовая работа;
- вопросы к экзамену;
- отчет по ЛР;
- экзамен.

### Критерии оценивания

#### Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

- при правильном ответе менее чем на 60% вопросов - не аттестация;
- при правильном ответе на 60% вопросов и более - аттестация.

#### Контрольные вопросы

Список контрольных вопросов составляет преподаватель после каждой темы курса для закрепления пройденного материала. Студенту необходимо ознакомиться с вопросами, ответить на них, используя знания и лекционный материал. Это вопросы для самопроверки.

#### Отчет по практическому заданию

Отчет по работе представляется в печатном виде в формате, предусмотренном шаблоном для выполнения ПЗ. Защита отчета проходит в форме ответов студента на вопросы преподавателя. В случае если оформление отчета соответствует указанным требованиям, а число правильных ответов студента на вопросы преподавателя составляет более 80%, то студент получает максимальное количество баллов – 5 баллов.

Отчет не может быть принят и подлежит доработке в случае:

- менее 30% правильных ответов на вопросы преподавателя;
- отсутствия необходимых разделов;
- отсутствия необходимого графического материала;
- неверно выбрана расчетная формула, допущена арифметическая ошибка в расчетах.

#### Типовое задание

Оценка «отлично» выставляется при правильно решенных задачах, аккуратно и чисто, в соответствии с требованиями оформления решения. Оценка «хорошо» выставляется при правильно решенных задачах, при наличии в ходе решения исправлений и незначительных пометок. Оценка «удовлетворительно» выставляется, если после проверки в работе будут исправлены все ошибки, и она будет правильно оформлена. Во всех остальных случаях работа не засчитывается и выдается на доработку.

Решения заданий представляются в печатной или рукописной форме.

#### Курсовая работа

Курсовая работа

Критерии и шкалы оценивания результатов по курсовой работе:

1. Шкала оценивания: «отлично». Соответствует 30 - 40 баллам по балльно - рейтинговой системе.

Критерии оценивания: Обучающийся выполнил курсовую работу в полном объеме. Работа характеризуется глубиной проработки всех разделов содержательной части и оформлена с соблюдением установленных правил. Обучающийся свободно владеет теоретическим материалом, безошибочно применяет его при решении задач, сформулированных в задании. На все вопросы дает правильные и обоснованные ответы, убедительно защищает свою точку зрения.

2. Шкала оценивания: «хорошо». Соответствует 20 баллам по балльно - рейтинговой системе.

Критерии оценивания: Обучающийся выполнил курсовую работу в полном объеме. Работа характеризуется глубиной проработки всех разделов содержательной части и оформлена с соблюдением

установленных правил. Обучающийся владеет теоретическим материалом, может применять его самостоятельно или по указанию преподавателя. На большинство вопросов дает правильные ответы. Защищает свою точку зрения достаточно обоснованно.

3. Шкала оценивания: «удовлетворительно». Соответствует 15 баллам по балльно - рейтинговой системе.

Критерии оценивания: Обучающийся выполнил курсовую работу в основном правильно, но без достаточно глубокой проработки некоторых разделов. Обучающийся усвоил только основные разделы теоретического материала и по указанию преподавателя (без инициативы и самостоятельности) применяет его практически. На вопросы отвечает неуверенно или допускает ошибки. Неуверенно защищает свою точку зрения.

4. Шкала оценивания: «неудовлетворительно». Соответствует 0 - 14 баллам по балльно - рейтинговой системе.

Критерии оценивания: Обучающийся не может защитить свои решения, допускает грубые ошибки при ответах на вопросы или не отвечает на них. Шкалы оценивания «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» соответствуют отметке «зачтено». Шкала оценивания «не удовлетворительно» соответствует отметке «не зачтено».

### **Вопросы к экзамену**

Вопросы к экзамену расположены в учебно-методическом комплексе дисциплины.

### **Отчет по ЛР**

Отчет по лабораторной работе представляется в печатном виде в формате, предусмотренном шаблоном отчета по лабораторной работе. Защита отчета проходит в форме доклада студента по выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя. Критерии оценивания: зачет / незачет

### **Экзамен**

Выполнение и защита курсовой работы является одним из видов контрольных мероприятий по дисциплине. Студент не допускается к сдаче экзамена, если не выполнена и защищена КР.

Студент может получить оценку за экзамен по совокупности сданных контрольных мероприятий, если он набрал согласно балльно - рейтинговой системе, следующее число баллов:

менее 51 - оценка неудовлетворительно;

от 51 до 74 - оценка удовлетворительно;

75 -и 84 - хорошо;

85 и более - отлично.

В противном случае студент может сдавать экзамен на общих основаниях.

Оценка «отлично»:

- систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам дисциплины, а также по основным вопросам, выходящим за пределы учебной программы;

- точное использование научной терминологии, систематически грамотное и логически правильное изложение ответа на вопросы;

- выраженная способность самостоятельно и творчески решать сложные проблемы и нестандартные ситуации;

- умение ориентироваться в теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку, используя научные достижения других дисциплин;

Оценка «хорошо»:

- достаточно полные и систематизированные знания по дисциплине;

- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку;

- использование научной терминологии, лингвистически и логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы;

- владение инструментарием по дисциплине, умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;

Оценка «удовлетворительно»:

- достаточный минимальный объем знаний по дисциплине;

- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по дисциплине и давать им оценку;

- использование научной терминологии, стилистическое и логическое изложение ответа на вопросы, умение делать выводы без существенных ошибок;

- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении типовых задач;

- умение под руководством преподавателя решать стандартные задачи;

Оценка «не удовлетворительно»:

- фрагментарные знания по дисциплине;

- отказ от ответа (выполнения письменной работы);

- неумение использовать научную терминологию;



- наличие грубых ошибок;
- низкий уровень культуры исполнения заданий; вопросы.
- оценка «хорошо» заслуживает студент: обнаруживший полное знание программного материала, успешно выполняющий предусмотренные в программе задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе; демонстрирующий владение профессиональной терминологией на достаточном уровне; показавший грамотное и логичное изложение ответа, без существенных ошибок, но недостаточно систематизированное и последовательное. Студент испытывает затруднения при ответе на дополнительные вопросы.
- оценка «удовлетворительно» заслуживает студент: обнаруживший знание основного программного материала в объёме, необходимом для дальнейшей учёбы и предстоящей работы по профессии; справляющийся с выполнением заданий, предусмотренных программой, знакомый с основной литературой, рекомендованной программой.
- оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, обнаружившему пробелы в знаниях основного программного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий, не отвечает или неверно отвечает на дополнительные вопросы преподавателя.

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме				Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %		НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Лабораторный практикум	Практические занятия		ПК-7.6		
4	7	Раздел 1. Основные задачи механических испытаний. Испытательные машин и объекты испытаний.	24	12	2	4	6	12	10		Отчет по ЛР, Отчет по практическому заданию, Контрольные вопросы, Курсовая работа, Вопросы к экзамену, Типовое задание
4	7	Раздел 2. Испытание натуральных конструкций: ударные стенды и вибростенды.	22	8	2	2	4	14	10		Отчет по ЛР, Отчет по практическому заданию, Контрольные вопросы, Вопросы к экзамену, Курсовая работа, Типовое задание
4	7	Раздел 3. Электрические средства измерения механических величин.	16	4	4	0	0	12	10		Контрольные вопросы, Вопросы к экзамену
4	7	Раздел 4. Измерение деформаций тензометрическими методами.	26	14	4	4	6	12	10		Отчет по ЛР, Отчет по практическому заданию, Контрольные вопросы, Вопросы к экзамену, Типовое задание

4	7	<b>Раздел 5. Оптико-геометрические методы измерения деформаций.</b>	14	8	0	2	6	6	20	Отчет по ЛР, Отчет по практическому заданию, Контрольные вопросы, Вопросы к экзамену, Курсовая работа, Типовое задание
4	7	<b>Раздел 6. Измерение полей деформаций и напряжений оптическими методами.</b>	19	11	2	3	6	8	10	Отчет по ЛР, Отчет по практическому заданию, Контрольные вопросы, Вопросы к экзамену, Курсовая работа, Типовое задание
4	7	<b>Раздел 7. Методы неразрушающего контроля.</b>	10	2	2	0	0	8	20	Контрольные вопросы, Вопросы к экзамену, Курсовая работа
4	7	<b>Раздел 8. Методы математической статистики в экспериментальных исследованиях.</b>	13	9	1	2	6	4	10	Отчет по ЛР, Отчет по практическому заданию, Контрольные вопросы, Вопросы к экзамену, Курсовая работа, Типовое задание
<b>Всего за 7 семестр</b>			144	68	17	17	34	76	100	
<b>Всего по дисциплине</b>			144	68	17	17	34	76	100	

## Оценочные материалы по дисциплине ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МЕХАНИКА

**ПК-7.6 - Способен проводить патентные исследования, руководить группой работников при исследовании самостоятельных тем, осуществлять научное руководство по отдельным задачам, управлять результатами научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ**

- № 1 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ  
Что такое концентрация напряжений?
- № 2 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ  
Что такое гидродинамическая аналогия при исследовании концентраторов напряжений?
- № 3 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов  
Какой из приведенных элементов является основной частью испытательной машины для деформирования образцов?
- 1 привод
  - 2 силоизмеритель
  - 3 наковальня
  - 4 Подвижный и неподвижный захваты
- № 4 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов  
Назовите характеристику средств измерений
- 1 Функция преобразования
  - 2 амплитудно - частотная характеристика
  - 3 Чувствительность
  - 4 Панель управления
- № 5 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
- Какие образцы используют при испытании на ударную вязкость?
- 1 Брус прямоугольного поперечного сечения с U-образным надрезом
  - 2 Брус круглого поперечного сечения с соотношением диаметра и рабочей длины 1:5
  - 3 Брус с сечением в виде двутавра
  - 4 Брус прямоугольного поперечного сечения с V-образным надрезом
- Какие образцы применяют для испытания на растяжение?
- 1 Короткие цилиндры с соотношением высоты и диаметра 1,5-3
  - 2 Цилиндрические образцы с расчетной длиной  $l = 5d$  (короткие, пятикратные образцы)
  - 3  $l = 10d$  (длинные, десяти-кратные образцы)
  - 4 Образцы двутаврового профиля
- № 6 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
Что такое долговечность?
- 1 Это число циклов до разрушения

- 2 Это время проведения испытаний
- 3 Это время одного колебания
- 4 Это возраст механической системы
- № 7 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
- Что измеряет пирометр?
- 1 Атмосферное давление
- 2 Плотность электрического тока
- 3 деформацию
- 4 Температуру тел
- № 8 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
- Что определяют ультразвуковым методом?
- 1 деформации
- 2 трещины, пустоты
- 3 Поле напряжений
- 4 перемещения
- № 9 Прочитайте текст и установите последовательность
- Для определения максимального напряжения в детали с концентратором напряжений
- 1 определяю номинальное напряжение без учета концентратора напряжений по формулам сопротивления материалов
- 2 определяют теоретический коэффициент концентрации напряжений по графикам или таблицам
- 3 умножают номинальные напряжения на теоретический коэффициент
- для получения максимального напряжения
- № 10 Прочитайте текст и установите последовательность
- Последовательность проверочного расчета на устойчивость
- 1 определить критическую силу
- 2 определить минимальный момент инерции сечения
- 3 определить коэффициент приведенной длины
- 4 определить гибкость стержня и предельную гибкость
- 5 сравнить гибкость стержня и предельную гибкость для определения формулы для расчета критической силы
- № 11 Прочитайте текст и установите соответствие
- 1 Изохрома
- 2 Изоклина
- 3 Изотерма
- а) линия равного наклона главных напряжений
- б) линия равных разностей главных напряжений
- в) линия равных температур

№ 12 Прочитайте текст и установите соответствие

1 устойчивость

2 ударная вязкость

3 твердость

4 усталость

а) это способность металлов сопротивляться действию ударных нагрузок не разрушаясь.

б) свойство материала сопротивляться проникновению в него более твёрдого наконечника (индентора), не получающего остаточных деформаций.

в) процесс постепенного накопления повреждений материала под действием повторно-переменных напряжений, приводящий к уменьшению долговечности, образованию трещин и разрушению.

г) если малые внешние воздействия приводят к малым и исчезающим после снятия воздействия отклонениям от первоначального положения равновесия