



*ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ*

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

**15.04.03 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

**Е7 МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА**

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

\_\_\_\_\_

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ИСПЫТАНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

### **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:

ОПК-11 — Способен определять направления перспективных исследований в области прикладной механики с учетом мировых тенденций развития науки, техники и технологий

ОПК-12 — Способен создавать алгоритмы цифровой обработки баз данных результатов испытаний и эксплуатации сложных деталей и узлов в машиностроении, разрабатывать современные цифровые программы расчетов и проектирования деталей, узлов, конструкций, машин и материалов с учетом требований надежности, долговечности и безопасности их эксплуатации

ОПК-8 — Способен осуществлять анализ проектов стандартов, рационализаторских предложений и изобретений в области машиностроения, подготавливать отзывы и заключения по их оценке

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### **ОПК-11**

*знания:*

Знает мировые тенденции развития науки, техники и технологий;

*умения:*

Определяет направления перспективных исследований в области прикладной механики с учетом мировых тенденций развития науки, техники и технологий;

*навыки:*

имеет навык исследований в области прикладной механики.

### **ОПК-12**

*знания:*

Разбирается в современных цифровых программах расчетов и проектирования деталей, узлов, конструкций, машин и материалов;

*умения:*

Создает алгоритмы цифровой обработки баз данных результатов испытаний и эксплуатации сложных деталей и узлов в машиностроении;

Разрабатывает современные цифровые программы расчетов и проектирования деталей, узлов, конструкций, машин и материалов;

*навыки:*

приобретает навык анализировать эксплуатационные требования по надежности, долговечности и безопасности изделий.

### **ОПК-8**

*знания:*

проектов стандартов, рационализаторских предложений и изобретений в области машиностроения;

*умения:*

Анализирует проекты стандартов, рационализаторских предложений и изобретений в области машиностроения

Составляет отзывы и заключения по их оценке;

*навыки:*

приобретает навык к анализу проектов стандартов, рационализаторских предложений и изобретений в области машиностроения.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ИСПЫТАНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *15.04.03 Прикладная механика*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **CAD/CAE ТЕХНОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ И ИХ ЭЛЕМЕНТОВ, ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ, ОСНОВЫ ЧИСЛЕННОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ, СТАТИСТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА И ТЕОРИЯ НАДЕЖНОСТИ, МЕХАНИКА КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ.**

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ПРАКТИКА, ПРЕДДИПЛОМНАЯ ПРАКТИКА, ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ (ПРОЕКТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ) ПРАКТИКА, ВЫПОЛНЕНИЕ, ПОДГОТОВКА К ПРОЦЕДУРЕ ЗАЩИТЫ И ЗАЩИТА ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ.**

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ПК-1.1 — Способен проводить анализ динамики и прочности технических объектов с применением современных расчетных технологий, экспериментальных методов, отраслевых методик, учитывать возможность потери несущей способности, а также влияние усталостных разрушений
- ПК-1.2 — Способен учитывать особенности функционирования машин, приборов и аппаратуры при динамических ударных, циклических, температурных нагружениях, механических, акустических, аэро- и гидродинамических, тепловых, электромагнитных и радиационных внешних воздействиях, высоком давлении и вакууме
- ПК-92 — Способен к саморазвитию в условиях неопределенности, формулировать себе образовательные цели под возникающие жизненные задачи, выбирать способы решения и направления развития
- УК-1 — Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 з.е., 180 ч.

#### 3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме				Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %		
				ВСЕГО	Лекции	Лабораторный практикум	Практические занятия		ОПК-11	ОПК-12	ОПК-8
6	11	Раздел 1. Объекты экспериментальных исследований. Объекты экспериментальных исследований. 1.1.Стандартные образцы материалов; 1.2. Образцы полупабрикатов; 1.3. Модели соединений и отдельных деталей. (натурные агрегаты и узлы); 1.4 Требования к образцам и их классификация.	22	2	2	0	0	20	12	12	12
6	11	Раздел 2. Структура испытательных комплексов, испытательные машины. Структура испытательных комплексов, испытательные машины 2.1. Измерение нагрузок и перемещений 2.2. Исследование деформаций и напряжений 2.3 Методы испытания на прочность и сопротивление усталости машин и элементов 2.4. Узлы испытательных машин. 2.5 Стенды для испытания натурных конструкций.	22	6	2	2	2	16	12	12	12
6	11	Раздел 3. Машины и оборудование для статических и динамических испытаний. Раздел 3 Машины и оборудование для статических и динамических испытаний 3.1 Гидравлический пресс с маятниковым противовесом. Машины для испытаний на растяжение 3.2 Определение твердости: по Бринеллю, по Роквеллу, по Виккерсу 3.3. Программы и техника усталостных испытаний: кривая Велера, предел выносливости. Фрактография усталостных изломов 3.4. Испытания на маятниковом копре: методика испытания, определение удельной ударной вязкости.	24	8	2	2	4	16	14	14	14
6	11	Раздел 4. Измерение деформаций тензометрическими методами. Измерение деформаций тензометрическими методами. 4.1 Тензорезисторные преобразователи. 4.2.Электрические измерительные схемы: потенциометрические и мостовые схемы. 4.3 Тензорезисторы для измерения упругопластических деформаций и деформаций в зонах концентрации напряжений. 4.4 Высокотемпературные тензорезисторы.	23	7	2	3	2	16	14	14	14
6	11	Раздел 5. Механические и оптико-геометрические методы измерения деформаций. Механические и оптико-геометрические методы измерения деформаций. 5.1. Механические и оптические тензометры. Оптические и механические компараторы. 5.2 Электромеханические тензометры. Струнные тензометры. 5.3. Метод геометрического муара. Метод интерференционного муара. 5.4 Метод делительных сеток 5.5 Зеркально-оптический метод 5.6 Метод хрупких тензочувствительных покрытий.	24	6	2	2	2	18	12	12	12
6	11	Раздел 6. Измерение полей деформаций и напряжений оптическими методами. 6.1 Поляризационно - оптический метод. 6.2 Применение поляризационно-оптического метода для исследования объемного напряженного состояния: метод составных моделей, метод «замораживания». 6.3 Методы голографической интерферометрии. Анализ голографических интерферограмм. Голографическая дефектоскопия.	26	9	2	4	3	17	12	12	12
6	11	Раздел 7. Методы неразрушающего контроля. Методы неразрушающего контроля. 7.1. Методы механики разрушения и неразрушающие методы контроля 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).	16	2	2	0	0	14	12	12	12
6	11	Раздел 8. Методы математической статистики в экспериментальных исследованиях. Методы математической статистики в экспериментальных исследованиях. 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.	23	11	3	4	4	12	12	12	12
Всего за 11 семестр			180	51	17	17	17	129	100	100	100
Всего по дисциплине			180	51	17	17	17	129	100	100	100

#### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 2. Структура испытательных комплексов, испытательные машины.	1. Определение предела выносливости материала по имеющимся опытным данным. 2. Определение критической силы при продольном изгибе для стержней разного поперечного сечения и длины. Практическое определение критической силы на испытательной машине.	2
2	Раздел 3. Машины и оборудование для статических и динамических испытаний.	1. Определение характеристик основных механических свойств материалов по диаграммам растяжения и сжатия; обработка диаграмм; 2. Обработка диаграммы кручения при испытаниях на кручение цилиндрического образца.	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 при растяжении, внецентренном растяжении, изгибе	2
4	Раздел 5. Механические и оптико-геометрические методы измерения деформаций.	Расчет напряжений и деформаций, определение перемещений методами сопротивления материалов для сравнения с показаниями тензометра Гугенбергера и стрелочного индикатора перемещений.	2
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. Анализ интерференционных картин деталей различной формы.	3
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.	4
Всего за 11 семестр			17

#### 3.3. Лабораторный практикум

№	Номер и	Тема лабораторного практикума	Объем,
---	---------	-------------------------------	--------

п/п	наименование раздела дисциплины		ауд. часов
1	Раздел 2. Структура испытательных комплексов, испытательные машины.	1. Определение предела выносливости материала. 2. Определение критической силы при продольном изгибе.	2
2	Раздел 3. Машины и оборудование для статических и динамических испытаний.	1. Получение диаграммы растяжения при статическом разрыве образцов на разрывной машине. 2. Динамический разрыв на маятниковом копре. Сравнение механических характеристик.	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.	3
4	Раздел 5. Механические и оптико-геометрические методы измерения деформаций.	Тензометры. Ознакомление с работой механического тензометра Гугенберга на примере определения деформации при изгибе балки.	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, диаметральной сжатии плоского диска. 2. Исследование интерференционной картины, построение изохром, изоклин, изостат. Анализ интерференционных картин деталей из оптически активных материалов различной формы.	4
6	Раздел 8. Методы математической статистики в экспериментальных исследованиях.	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.	4
<b>Всего за 11 семестр</b>			<b>17</b>

#### 3.4. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Объекты экспериментальных исследований.	Объекты экспериментальных исследований. Самостоятельное, углубленное изучение и конспектирование раздела 1	20
2	Раздел 2. Структура испытательных комплексов, испытательные машины.	Структура испытательных комплексов, испытательные машины. 2.1. Подготовка к лекции 2, углубленное изучение материала раздела 2.	16
3	Раздел 3. Машины и оборудование для статических и динамических испытаний.	Машины и оборудование для статических и динамических испытаний 1.1 Самостоятельное изучение материала раздела 3 в дополнение к лекционному материалу 1.2 Подготовка к аудиторному практикуму 1.3 Изучение теоретического материала по теме аудиторного практикума	16
4	Раздел 4. Измерение деформаций тензометрическими методами.	Измерение деформаций тензометрическими методами. Самостоятельное изучение материала разделов 4 в дополнение к лекционному материалу Подготовка к аудиторному практикуму Изучение теоретического материала по теме аудиторного практикума	16
5	Раздел 5. Механические и оптико-геометрические методы измерения деформаций.	Механические и оптико-геометрические методы измерения деформаций. Самостоятельное изучение материала разделов 5 в дополнение к лекционному материалу Подготовка к аудиторному практикуму Изучение теоретического материала по теме аудиторного практикума	18
6	Раздел 6. Измерение полей деформаций и напряжений оптическими методами.	Измерение полей деформаций и напряжений оптическими методами. Самостоятельное изучение материала разделов 6 в дополнение к лекционному материалу Подготовка к аудиторному практикуму Изучение теоретического материала по теме аудиторного практикума	17
7	Раздел 7. Методы неразрушающего контроля.	Методы неразрушающего контроля. Самостоятельное изучение материала раздела 7 в дополнение к лекционному материалу	14
8	Раздел 8. Методы математической статистики в экспериментальных исследованиях.	Методы математической статистики в экспериментальных исследованиях Самостоятельное изучение материала разделов 8 в дополнение к лекционному материалу Подготовка к аудиторному практикуму Изучение теоретического материала по теме аудиторного практикума	12
<b>Всего за 11 семестр</b>			<b>129</b>

#### 4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
11	Вопр.Диф.Зач. КВ, Тип.зад	КВ, Отч. по ПЗ, Вопр.Диф.Зач. Отч. по ЛР	Вопр.Диф.Зач. КВ, Тип.зад. Отч. по ЛР	Вопр.Диф.Зач. КВ, Отч. по ПЗ, Отч. по ЛР	Вопр.Диф.Зач. КВ, Тип.зад	ДР	Вопр.Диф.Зач. КВ, Отч. по ПЗ, Отч. по ЛР	Вопр.Диф.Зач. Тип.зад, КВ	Вопр.Диф.Зач. КВ, Отч. по ПЗ, Отч. по ЛР	ДР	Вопр.Диф.Зач. КВ, Тип.зад, Отч. по ЛР	Вопр.Диф.Зач. Отч. по ПЗ, КВ

- Условные обозначения:
- ДР – диагностическая работа;

- Вопр.Диф.Зач – вопросы к дифференцированному зачету;
- КВ – контрольные вопросы;
- Тип.зад – типовое задание;
- Отч. по ПЗ – отчет по практическому заданию;
- Отч. по ЛР – отчет по ЛР;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

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

- диагностическая работа;
- вопросы к дифференцированному зачету;
- контрольные вопросы;
- типовое задание;
- отчет по практическому заданию;
- отчет по ЛР.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- дифференцированный зачет.



## 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. Г. Г. Раннев, А. П. Тарасенко. . Методы и средства измерений. М.: Академия, 2008, 20 экз.
3. Н. Г. Буткарева, А. З. Красильников. . Экспериментальная механика. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020, 45 экз.
4. Н. Г. Буткарева, А. З. Красильников. . Экспериментальная механика. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021, 25 экз.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

1. С. Атлури, А. Кобаяси, Д. Дэлл. . 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. <http://library.voenmeh.ru> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
2. <http://ura.it.ru> — Образовательная платформа «Юрайт». Для вузов и ссузов.;
3. <https://e.lanbook.com> — ЭБС Лань.

### 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:

1. Microsoft Office.

### 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;
2. Microsoft Office.

### **6.3. Лабораторные занятия:**

1. Испытательная машина ИМ-4А с номинальной силой 40 кН;
2. Твердомеры Роквелла;
3. Испытательная машина Р-100 с номинальной силой 1000 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 **ИСПЫТАНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *15.04.03 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*:

ОПК-11 Способен определять направления перспективных исследований в области прикладной механики с учетом мировых тенденций развития науки, техники и технологий;

ОПК-12 Способен создавать алгоритмы цифровой обработки баз данных результатов испытаний и эксплуатации сложных деталей и узлов в машиностроении, разрабатывать современные цифровые программы расчетов и проектирования деталей, узлов, конструкций, машин и материалов с учетом требований надежности, долговечности и безопасности их эксплуатации;

ОПК-8 Способен осуществлять анализ проектов стандартов, рационализаторских предложений и изобретений в области машиностроения, подготавливать отзывы и заключения по их оценке.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с подготовкой и проведением расчетно - экспериментальных исследований в области прикладной механики на основе классических и технических теорий и методов, достижений техники и технологий с помощью экспериментального оборудования для проведения механических испытаний.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- вопросы к дифференцированному зачету;
- контрольные вопросы;
- типовое задание;
- отчет по практическому заданию;
- отчет по ЛР.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 5 з.е., **180 ч**. Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**17 ч.**), практические занятия (**17 ч.**), лабораторный практикум (**17 ч.**), самостоятельная работа студента (**129 ч**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 180 ч., из них 51 ч. аудиторных занятий, и 129 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. Объекты экспериментальных исследований.</b>		
Объекты экспериментальных исследований. Самостоятельное, углубленное изучение и конспектирование раздела 1	Н. Г. Буткарева, А. З. Красильников. . Экспериментальная механика: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (Гл.1)	20
Итого по разделу 1		20
<b>Раздел 2. Структура испытательных комплексов, испытательные машины.</b>		
Структура испытательных комплексов, испытательные машины 2.1. Подготовка к лекции 2, углубленное изучение материала раздела 2.	В. Ю. Гольцев. . Методы механических испытаний и механические свойства материалов: М.: Изд-во НИЯУ МИФИ, 2012 (Гл.1) Н. Г. Буткарева, А. З. Красильников. . Экспериментальная механика: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021 (Гл.1)	16
Итого по разделу 2		16
<b>Раздел 3. Машины и оборудование для статических и динамических испытаний.</b>		
Машины и оборудование для статических и динамических испытаний 1.1 Самостоятельное изучение материала раздела 3 в дополнение к лекционному материалу 1.2 Подготовка к аудиторному практикуму 1.3 Изучение теоретического материала по теме аудиторного практикума	В. Ю. Гольцев. . Методы механических испытаний и механические свойства материалов: М.: Изд-во НИЯУ МИФИ, 2012 (Гл.2) Н. Г. Буткарева, А. З. Красильников. . Экспериментальная механика: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021 (Гл.2)	16
Итого по разделу 3		16
<b>Раздел 4. Измерение деформаций тензометрическими методами.</b>		
Измерение деформаций тензометрическими методами. Самостоятельное изучение материала разделов 4 в дополнение к лекционному материалу Подготовка к аудиторному практикуму Изучение теоретического материала по теме аудиторного практикума	Н. Г. Буткарева, А. З. Красильников. . Экспериментальная механика: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021 (Гл.2, разд.2.8) Г. Г. Раннев, А. П. Тарасенко. . Методы и средства измерений: М.: Академия, 2008 (Гл.2)	16
Итого по разделу 4		16
<b>Раздел 5. Механические и оптико-геометрические методы измерения деформаций.</b>		
Механические и оптико-геометрические методы измерения деформаций. Самостоятельное изучение материала разделов 5 в дополнение к лекционному материалу Подготовка к аудиторному практикуму Изучение теоретического материала по теме аудиторного практикума	Н. Г. Буткарева, А. З. Красильников. . Экспериментальная механика: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021 (Гл.3) С. Атлури, А. Кобаяси, Д. Дэлл. . Экспериментальная механика: М.: Мир, 1990 (Гл.6,гл.7)	18
Итого по разделу 5		18
<b>Раздел 6. Измерение полей деформаций и напряжений оптическими методами.</b>		
Измерение полей деформаций и напряжений оптическими методами. Самостоятельное изучение материала разделов 6 в дополнение к лекционному материалу Подготовка к аудиторному практикуму Изучение теоретического материала по теме аудиторного практикума	Н. Г. Буткарева, А. З. Красильников. . Экспериментальная механика: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (Гл.3.1; 3.2)	17
Итого по разделу 6		17
<b>Раздел 7. Методы неразрушающего контроля.</b>		
Методы неразрушающего контроля. Самостоятельное изучение материала раздела 7 в дополнение к лекционному материалу	Н. Г. Буткарева, А. З. Красильников. . Экспериментальная механика: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (Гл.4,гл.5)	14
Итого по разделу 7		14
<b>Раздел 8. Методы математической статистики в экспериментальных исследованиях.</b>		
Методы математической статистики в экспериментальных исследованиях Самостоятельное изучение материала разделов 8 в дополнение к лекционному материалу Подготовка к аудиторному практикуму Изучение теоретического материала по теме аудиторного практикума	Н. Г. Буткарева, А. З. Красильников. . Экспериментальная механика: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (Гл.6)	12
Итого по разделу 8		12

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- контрольные вопросы;
- вопросы к дифференцированному зачету;
- отчет по практическому заданию;
- типовое задание;
- отчет по ЛР;
- дифференцированный зачет.

### 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

Контрольные вопросы преподаватель размещает после каждой лекции в ЭИОС в курсе "Испытания механических систем" и они служат для самопроверки студентами усвоенного материала.

#### Вопросы к дифференцированному зачету

Перечень вопросов к дифференцированному зачету размещен в ЭИОС Moodle в курсе "Испытания механических систем".

#### 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.

Баллы за отчет по ПЗ представлены в Технологической карте.

#### 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 помарок. 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.

#### Отчет по ЛР

Отчет по лабораторной работе представляется в печатном виде в формате, предусмотренным шаблоном отчета по лабораторной работе. Защита отчета проходит в форме доклада студента по выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя. В случае если оформление отчета и поведение студента во время защиты соответствуют указанным требованиям, студент получает максимальное количество баллов.

Основаниями для снижения количества баллов в диапазоне от 5 до 3 являются:

- небрежное выполнение,
- низкое качество графического материала (неверный выбор масштаба чертежей, отсутствие указания единиц измерения на графиках),
- неверные ответы на вопросы преподавателя;
- ошибки в результатах вычислений.

Отчет не может быть принят и подлежит доработке в случае:

- отсутствия необходимых разделов,
- отсутствия необходимого графического материала,
- некорректной обработки результатов измерений,
- отсутствия на лабораторной работе.

Баллы за выполнение и защиту ЛР представлены в Технологической карте.

#### Дифференцированный зачет

Студенты могут получить минимальную положительную оценку, при условии, что сданы и защищены все отчеты по практическим заданиям и лабораторным работам, типовые задания, диагностические работы, посещаемость занятий составила не менее 25% от аудиторного времени.

Шкала перевода баллов в оценки по дисциплине и распределение баллов представлены в Технологической карте:

менее 51 балла - не зачтено;

51 -74 - зачтено -удовлетворительно;

75 -84 - зачтено - хорошо;

85 и более - зачтено - отлично.

В противном случае, студент может сдать диф. зачет в тестовой форме.

Диф. зачет проходит в тестовой форме и включает в себя ответы на теоретические вопросы (30 шт.).

При правильном ответе от 60% до 70% от общего числа вопросов, студент получает оценку "зачет - удовлетворительно";

при правильном ответе от 71% до 90 % от общего числа вопросов - "зачтено - хорошо";

при правильном ответе от 91% до 100% - "зачтено - отлично" ;

Если правильные ответы составили менее 60%, то студент получает оценку "не зачтено".

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		ОПК-11	ОПК-12	ОПК-8	
6	11	Раздел 1. Объекты экспериментальных исследований.	22	2	2	0	0	20	12	12	12	Вопросы к дифференцированному зачету, Контрольные вопросы
6	11	Раздел 2. Структура испытательных комплексов, испытательные машины.	22	6	2	2	2	16	12	12	12	Отчет по практическому заданию, Типовое задание, Контрольные вопросы, Отчет по ЛР
6	11	Раздел 3. Машины и оборудование для статических и динамических испытаний.	24	8	2	2	4	16	14	14	14	Вопросы к дифференцированному зачету, Отчет по практическому заданию, Типовое задание, Контрольные вопросы, Отчет по ЛР
6	11	Раздел 4. Измерение деформаций тензометрическими методами.	23	7	2	3	2	16	14	14	14	Вопросы к дифференцированному зачету, Отчет по практическому заданию, Типовое задание, Контрольные вопросы, Отчет по ЛР
6	11	Раздел 5. Механические и оптико-геометрические методы измерения деформаций.	24	6	2	2	2	18	12	12	12	Вопросы к дифференцированному зачету, Контрольные вопросы, Отчет по практическому заданию, Отчет по ЛР
6	11	Раздел 6. Измерение полей деформаций и напряжений оптическими методами.	26	9	2	4	3	17	12	12	12	Вопросы к дифференцированному зачету, Контрольные вопросы, Отчет по практическому заданию, Типовое задание, Отчет по ЛР
6	11	Раздел 7. Методы неразрушающего контроля.	16	2	2	0	0	14	12	12	12	Вопросы к дифференцированному зачету, Контрольные вопросы
6	11	Раздел 8. Методы математической статистики в экспериментальных исследованиях.	23	11	3	4	4	12	12	12	12	Отчет по практическому заданию, Типовое задание, Вопросы к дифференцированному зачету, Отчет по ЛР
Всего за 11 семестр			180	51	17	17	17	129	100	100	100	
Всего по дисциплине			180	51	17	17	17	129	100	100	100	

## Оценочные материалы по дисциплине ИСПЫТАНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

**ОПК-11 - Способен определять направления перспективных исследований в области прикладной механики с учетом мировых тенденций развития науки, техники и технологий**

- № 1 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
Какие методы определения вязкости разрушения при статическом нагружении вы знаете?
1. метод делительных сеток
  2. метод интегральной фотоупругости
  3. метод электротензометрии
  4. метод муаровых полос
- № 2 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
Какие вы знаете параметры машин, исследуемые экспериментальными методами?
- чувствительность
- предел коррозионной стойкости
- предел длительной прочности
- внешние нагрузки, напряжения, деформации, перемещение, ускорение, коэффициент трения, параметры износа
- № 3 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов  
Что является критериями ресурса машин?
- 1 статическая усталость
  - 2 многоцикловая усталость
  - 3 однократная усталость
  - 4 малоцикловая усталость
- № 4 Прочитайте текст и установите последовательность  
. Последовательность испытаний для построения кривой Велера
1. запустить двигатель для создания повторно-переменного цикла нагружения
  2. вставить образец в захваты испытательной машины
  3. по счетчику циклов определить число циклов
  4. нагрузить образец статической нагрузкой для создания деформации чистого изгиба
  5. поставить точку на графике для определения предела выносливости
- № 5 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ  
Какова цель испытания на несущую способность?
- № 6 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ  
Как проводят нагружение до расчетной нагрузки?
- № 7 Прочитайте текст и установите соответствие
- 1.Изохрома
  - 2.Изоклина
  - 3.Изотерма
- А. линия постоянных температур
- Б. линия постоянных значений разности главных напряжений
- В. линия равных наклонов главных напряжений
- № 8 Прочитайте текст и установите соответствие
1. тензоэффект
  2. метод фотоупругости
  3. пьезооптический эффект
- а. изменение сопротивления решетки тензорезистора при ее деформировании
- б. образование интерференционных картин при прохождении плоско -поляризованного света через нагруженную пластину из оптически активного материала
- в. накопление зарядов на поверхности кварцевых пластин при деформации
- № 9 Прочитайте текст и установите последовательность  
Установить последовательность поверочного расчета на устойчивость:
1. сравнить гибкость стержня с предельной гибкостью
  2. найти фактический коэффициент запаса на устойчивость
  3. определить предельную гибкость и гибкость стержня

4. Выбрать формулу для расчета критического напряжения из диаграммы критических напряжений
- № 10 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
Чем измеряются деформации в экспериментальной механике?
- тензорезисторами
- тензомерами
- емкостными датчиками
- растрами
- № 11 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов  
Назовите виды концентраторов напряжений в деталях
- 1 выточки
- 2 галтели
- 3 шпоночные канавки
- 4 пластина постоянного сечения
- № 12 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов  
Назовите методы для образования муаровых полос
- 1 Метод с нанесением сеток на деталь
- 2 Метод отражения
- 3 Проекционный метод
- 4 Метод фотоупругости
- ОПК-12 - Способен создавать алгоритмы цифровой обработки баз данных результатов испытаний и эксплуатации сложных деталей и узлов в машиностроении, разрабатывать современные цифровые программы расчетов и проектирования деталей, узлов, конструкций, машин и материалов с учетом требований надежности, долговечности и безопасности их эксплуатации**
- № 1 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
Что такое ударная вязкость?
- это удельная потенциальная энергия изменения формы
- это работа, затраченная на разрушение образца при ударном нагружении
- это зависимость напряжения от величины деформации при статических испытаниях
- это кинетическая энергия тела, налетающего на упругую систему
- № 2 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ  
Каков принцип действия копров?
- № 3 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
. С помощью маппинга определяют...
- Поле температур
- Гидростатическое давление
- Линии равного наклона главных напряжений
- Распределение твердости по площади образца
- № 4 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
Какой параметр измеряется при испытаниях по Бринеллю?
- 1 глубина отпечатка
- 2 диагональ отпечатка
- 3 диаметр отпечатка
- 4 угол между двумя радиусами шарика, проведенными к концам отпечатка
- № 5 Прочитайте текст и установите последовательность  
Последовательность капиллярного метода обнаружения дефектов
- 1 очистить и обезжирить поверхность изделия
- 2 нанести фиксатор
- 3 нанести пенетрант
- 4 излишки убрать
- № 6 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов  
Какие характеристики цикла при усталостном нагружении вы знаете?
- 1 логарифмический декремент затухания
- 2 фазовый сдвиг
- 3 амплитудное напряжение цикла



- 4 среднее напряжение цикла
- № 7 Прочитайте текст и установите соответствие  
Излом образца при испытании на ударную вязкость:
- 1 Поверхность излома блестящая, зернистая, следы пластической деформации отсутствуют
  - 2 Излом образца матовый, волокнистый, сильно деформированный
- а) вязкое разрушение
- б) хрупкое разрушение
- № 8 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов  
Что такое потеря устойчивости?
- 1 Это потеря стержнем первоначальной устойчивой формы равновесия
  - 2 С энергетической точки зрения - это равенство потенциальной энергии и работе сжимающей силы при потере устойчивости
  - 3 Это когда работа сил упругости меньше потенциальной энергии деформации
  - 4 это когда работа сил упругости больше потенциальной энергии деформации
- № 9 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ  
Что такое удельная ударная вязкость?
- № 10 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов  
Какой параметр измеряется в методе Бринелля?
- 1 большая диагональ
  - 2 диаметр отпечатка
  - 3 угол между двумя радиусами, проходящими через края отпечатка
  - 4 глубина отпечатка
- № 11 Прочитайте текст и установите соответствие
- 1 Проволочные тензорезисторы из константана
  - 2 фольговые тензодатчики из хромоникелиевых сплавов
  - 3 пьезоэлектрические
- А) тонкая проволока , уложенная зигзагообразно
- Б) тензорешетка из тонкой фольги, полученная травлением
- В) пластины изготовлены из кварца, турмалина, сегнетоэлектриков
- № 12 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов  
Если твердость по Виккерсу обозначается 400HV, то под какой нагрузкой и выдержкой сделано измерение?
- 1 10 с
  - 2 15 с
  - 3 20с
  - 4 25 с
- № 13 Прочитайте текст и установите последовательность  
Для определения коэффициента асимметрии цикла
- 1 надо знать минимальное напряжение цикла
  - 2 максимальное напряжение цикла
  - 3 разделить первое на второе
  - 4 разделить второе на первое
- ОПК-8 - Способен осуществлять анализ проектов стандартов, рационализаторских предложений и изобретений в области машиностроения, подготавливать отзывы и заключения по их оценке**
- № 1 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
Какой индентор используется при испытаниях по Бринеллю?
- алмазный конус
- Стальная игла
- алмазный шарик
- Стальной закаленный шарик
- № 2 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ  
Как выглядит излом образца при вязком разрушении?
- № 3 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов  
Какие шкалы есть в методе Роквелла и какие при этом используются инденторы?

- 1 алмазный конус (шкалы А и С)
  - 2 стальной шарик (шкала В)
  - 3 шкала А с алмазной пирамидой и В с алмазным конусом
  - 4 шкала А со стальным шариком и В с алмазной пирамидой
- № 4 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ  
Для чего используют муаровый эффект?
- № 5 Прочитайте текст и установите соответствие  
Если при определении твердости измеряют
- 1 длины обеих диагоналей
  - 2 длину большей диагонали
  - 3 глубину отпечатка
  - 4 диаметр отпечатка
- а) метод Роквелла
  - б) метод Виккерса
  - в) метод Кнупа
  - г) метод Бринелля
- № 6 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
Какие испытания проводят методом Роквелла?
- испытания на выносливость
- определение твердости при внедрении алмазного конуса в поверхность образца
- испытания на твердость при внедрении стальной иглы в исследуемый образец
- определение критической силы при потере устойчивости
- № 7 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
Какая продолжительность выдержки под нагрузкой здесь указана:
- 220НВ 10/3000/30 ?
- 30 с
  - 10 с
  - по умолчанию 15 с
  - произвольное время
- № 8 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов  
Методом Шора измеряют твердость
- 1 резины, каучуков
  - 2 пластмасс
  - 3 металлов небольшой твердости
  - 4 металлов большой твердости
- № 9 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов  
Если твердость по Виккерсу обозначена: 400HV, то под какой нагрузкой и выдержкой проходят испытания?
- 1 ила 30 кгс и время выдержки 10 секунд
  - 2 сила 30 кгс и время выдержки 15 секунд
  - 3 сила 20 кгс и время выдержки 20 секунд
  - 4 сила 10 кгс и время выдержки 30 секунд
- № 10 Прочитайте текст и установите соответствие  
При испытании на ударную вязкость
- 1 образцы с U-образным вырезом
  - 2 образцы с V-образным вырезом
  - 3 образцы с Т-образным вырезом
- а Образцы Менаже
  - б Образцы Шарпи
  - в Образцы с трещиной
- № 11 Прочитайте текст и установите последовательность  
Проектировочный расчет инженерным методом

- 1 Сосчитать гибкость стержня
  - 2 Выбрать коэффициент продольного изгиба из таблицы (примерно из середины таблицы)
  - 3 Определить площадь сечения и размеры сечения
  - 4 Решить, нужно ли следующее приближение
- № 12 Прочитайте текст и установите последовательность  
В ПОМ "методе замораживания" последовательность эксперимента такая:
- 1 нагреем модель до температуры перехода в упруго - пластическое состояние и выдержим несколько минут
  - 2 охлаждаем до стеклообразного состояния
  - 3 поместим модель в термостат
  - 4 нагрузим модель заданной силой
  - 5 снимаем нагрузку и разрезаем на темплеты