

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**  
**«Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова»**  
**(БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова)**

УТВЕРЖДАЮ  
 Декан факультета

\_\_\_\_\_  
 (подпись) Суслин А. В.  
 ФИО  
 «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ СЕНСОРНЫЕ СИСТЕМЫ ВЗРЫВАТЕЛЕЙ

Направление/специальность подготовки	17.05.01 Боеприпасы и взрыватели
Специализация/профиль/программа подготовки	Взрыватели
Уровень высшего образования	Специалитет
Форма обучения	Очная
Факультет	Е Оружие и системы вооружения
Выпускающая кафедра	Е6 АВТОНОМНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ И УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ
Кафедра-разработчик рабочей программы	Е6 АВТОНОМНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ И УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ

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	
5	9	5	180	68	34	17	17	112	0	0	112	ЭКЗ.

*ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ*

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

**17.05.01 Боеприпасы и взрыватели**

год набора группы: 2024

Программу составил:

Кафедра Е6 АВТОНОМНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ И  
УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ

Карпов Сергей Анатольевич, к.т.н., доцент, доцент

Программа рассмотрена

на заседании кафедры-разработчика

рабочей программы **Е6 АВТОНОМНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ И УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ**

Заведующий кафедрой Егоренков Л.С., к.т.н., снс

Программа рассмотрена

на заседании выпускающей кафедры

**Е6 АВТОНОМНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ И УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ**

Заведующий кафедрой Егоренков Л.С., к.т.н., снс

# **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ СЕНСОРНЫЕ СИСТЕМЫ ВЗРЫВАТЕЛЕЙ**

## **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:

ПСК-14 — способность проектировать и конструировать взрыватели различного назначения
ПСК-15 — способность демонстрировать знания принципов действия взрывателей и их функционирования

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### **ПСК-14**

*знания:*

истории и современных тенденций развития сенсорных систем взрывателей;  
технических характеристик и конструктивных особенностей сенсорных систем взрывателей, прежде всего в части измерительных преобразователей и датчиков (сенсоров), применяемых в составе сенсорных систем взрывателей;

общих принципов и фундаментальных основ сенсорных систем взрывателей;

*умения:*

выполнять анализ и оценку работоспособности сенсорного модуля информационной системы взрывательного устройства в различных условиях функционирования;

осуществлять выбор физических принципов построения конструктивной реализации сенсорного модуля исходя из требований, предъявляемых в - техническом задании на проектирование;

*навыки:*

анализа требований, предъявляемые в техническом задании на проектирование сенсорных систем взрывателей.

### **ПСК-15**

*знания:*

информационно-логических основ, принципов функциональной и структурной организации сенсорных систем, применяемых в составе взрывателей;

*умения:*

обнаруживать причины неработоспособности сенсорных систем взрывателей; решать задачи, связанные с их совершенствованием;

выполнять расчет основных параметров информационно-измерительных модулей и датчиков сенсорных систем взрывателей;

*навыки:*

использование методов расчета, анализа и синтеза сенсорных систем взрывателей.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **СЕНСОРНЫЕ СИСТЕМЫ ВЗРЫВАТЕЛЕЙ** является дисциплиной **части**, формируемой участниками образовательных отношений блока 1, программы подготовки по направлению 17.05.01 *Боеприпасы и взрыватели*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ ВЗРЫВАТЕЛЕЙ, ОСНОВЫ УПРАВЛЕНИЯ СРЕДСТВАМИ ПОРАЖЕНИЯ, СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПРОИЗВОДСТВА ВЗРЫВАТЕЛЕЙ, ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ И КОНСТРУИРОВАНИЕ ВЗРЫВАТЕЛЕЙ, ТЕОРИЯ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ БЛИЖНЕЙ РАДИОЛОКАЦИИ, РАДИОФИЗИКА, ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВЗРЫВАТЕЛЕЙ, ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ БЛИЖНЕЙ ЛОКАЦИИ, ФИЗИКА, СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ, ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА, ИНЖЕНЕРНАЯ И КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА, ОСНОВЫ БАЛЛИСТИКИ И АЭРОДИНАМИКИ СРЕДСТВ ПОРАЖЕНИЯ, ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА, ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА, МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В МЕХАНИКЕ, МЕТРОЛОГИЯ И ОСНОВЫ ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТИ, АРТИЛЛЕРИЙСКАЯ ТЕХНИКА.**

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **МИКРОЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ВЗРЫВАТЕЛЕЙ, ДИАГНОСТИКА СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ, ПРЕДДИПЛОМНАЯ ПРАКТИКА, МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ ВЗРЫВАТЕЛЕЙ, ВЫПОЛНЕНИЕ, ПОДГОТОВКА К ПРОЦЕДУРЕ ЗАЩИТЫ И ЗАЩИТА ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ВЗРЫВАТЕЛЕЙ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ ВЗРЫВАТЕЛЕЙ.**

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-10 — Способен применять методы математического анализа, моделирования и системного проектирования, теоретического и экспериментального исследования для решения инженерных задач проектирования, производства и испытания оружия и систем вооружения
- ОПК-11 — Способен ориентироваться в проблемных ситуациях и решать сложные вопросы проектирования, производства, испытания и эксплуатации боеприпасов и взрывателей различного типа и назначения
- ОПК-12 — Способен качественно и количественно оценивать результаты, математически формулировать постановку задачи и результаты ее решения применительно к проектированию, производству, испытаниям и эксплуатации боеприпасов и взрывателей различного типа и назначения
- ОПК-13 — Способен проводить технико-экономическую оценку мероприятий и технических решений проектирования, производства, испытаний и эксплуатации боеприпасов и взрывателей различного типа и назначения
- ОПК-14 — Способен моделировать и использовать известные решения в новом приложении применительно к проектированию, производству, испытаниям и эксплуатации боеприпасов и взрывателей различного типа и назначения
- ОПК-15 — Способен четко формулировать цели и задачи проектных процедур, включая разработку тактико-технических заданий на проектирование боеприпасов и взрывателей различного типа и назначения
- ОПК-16 — Способен разрабатывать нормативно-техническую документацию и технически грамотно оформлять и представлять результаты научно-исследовательских работ, связанных с боеприпасами и взрывателями различного типа и назначения
- ОПК-2 — Способен самостоятельно применять приобретенные математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для решения инженерных задач
- ОПК-6 — Способен использовать в инженерной деятельности методы, способы и средства получения, хранения, переработки информации с использованием современных информационных технологий
- ОПК-7 — Способен анализировать текущее состояние и тенденции развития оружия и систем вооружения
- ОПК-8 — Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности
- ПСК-13 — Способен ориентироваться в многообразии динамических воздействий на различные взрыватели на всех этапах их функционирования и эксплуатации

- ПСК-14 — Способен проектировать и конструировать взрыватели различного назначения
- ПСК-15 — Способен демонстрировать знания принципов действия взрывателей и их функционирования
- ПСК-16 — Способен применять основные методы расчета систем предохранения взрывателей
- ПСК-18 — Способен демонстрировать знания способов передачи информации на взрыватели в процессе их боевого применения
- ПСК-8 — Способен разрабатывать проектную документацию и проводить технические расчеты, оптимизировать проектные параметры, определять боевую эффективность и надежность образцов боеприпасов и взрывателей
- ПСК-9 — Способен разрабатывать, обосновывать и внедрять технологические процессы производства взрывателей, а также их отдельных узлов и деталей

### 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		ПСК-14	ПСК-15
5	9	<b>Раздел 1. Введение.</b> 1.1 Обобщенная структура сенсорной системы взрывательного устройства. Концепция построения. 1.2 Определения и терминология. Значение первичных измерительных преобразователей.	12	2	2	0	0	10	10	10
5	9	<b>Раздел 2. Общие вопросы измерения неэлектрических величин.</b> 2.1 Общие сведения и основные понятия информационно-измерительной техники. 2.2 Электрические измерения неэлектрических величин. 2.3 Методы измерительных преобразований. 2.4 Общие требования к измерительным преобразователям-датчикам. 2.5 Основные параметры измерительных преобразователей-датчиков. Характеристики датчиков. 2.6 Конструктивные особенности измерительных преобразователей-датчиков.	18	4	4	0	0	14	15	15
5	9	<b>Раздел 3. Динамические свойства измерительных цепей.</b> 3.1 Понятие о динамических измерениях. 3.2 Динамические уравнения измерительного преобразователя. 3.3 Частотные характеристики измерительных преобразователей. 3.4 Передаточная функция измерительного преобразователя.	27	7	6	0	1	20	10	10
5	9	<b>Раздел 4. Механические измерительные преобразователи.</b> 4.1 Механические измерительные преобразователи инерционного действия, сейсмические датчики. 4.2 Струнные датчики. 4.3 Термометаллические чувствительные элементы.	36	14	6	0	8	22	15	15
5	9	<b>Раздел 5. Параметрические преобразователи.</b> 5.1 Резистивные преобразователи. 5.2 Емкостные преобразователи. 5.3 Индуктивные преобразователи. 5.4 Микромеханические преобразователи.	42	19	8	7	4	23	20	20
5	9	<b>Раздел 6. Обратимые измерительные преобразователи.</b> 6.1 Электродинамические преобразователи. 6.2 Электростатические преобразователи. 6.3 Пьезоэлектрические преобразователи. 6.4 Электромеханические преобразователи. 6.5 Магнитомеханический преобразователь. 6.6 Термоэлектрический преобразователь.	45	22	8	10	4	23	30	30
Всего за 9 семестр			180	68	34	17	17	112	100	100
Всего по дисциплине			180	68	34	17	17	112	100	100

#### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 3. Динамические свойства измерительных цепей.	Частотные характеристики измерительных преобразователей. Передаточная функция измерительного преобразователя.	1
2	Раздел 4. Механические измерительные преобразователи.	Передаточная функция динамометра. Передаточная функция акселерометра.	2
3		Чувствительность сейсмодатчика с учетом массы упругого элемента.	1
4		Собственная частота сейсмодатчика с учетом массы упругого элемента.	2
5		Собственные частоты двухмассовой системы.	1
6		Коэффициент преобразования термометаллического датчика.	2
7	Раздел 5. Параметрические преобразователи.	Расчет основных параметров тензоакселерометра.	1
8		Расчет основных параметров емкостного преобразователя.	1
9		Расчет основных параметров индуктивного преобразователя.	2
10	Раздел 6. Обратимые измерительные преобразователи.	Расчет собственной частоты пьезоакселерометра.	1
11		Расчет термоэлектрических преобразователей.	1
12		Характеристики электродинамических и	2

	электростатических преобразователей.	
<b>Всего за 9 семестр</b>		<b>17</b>

### 3.3. Лабораторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного практикума	Объем, ауд. часов
1	Раздел 5. Параметрические преобразователи.	Исследование потенциометрических преобразователей перемещения.	2
2		Исследование индуктивных преобразователей перемещения.	2
3		Исследование емкостных преобразователей перемещения.	3
4	Раздел 6. Обратимые измерительные преобразователи.	Исследование пьезокерамического чувствительного элемента.	3
5		Определение основных характеристик пьезоакселерометра.	3
6		Исследование измерительного преобразователя температуры.	4
Всего за 9 семестр			17

### 3.4. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Введение.	Изучение учебного материала лекционных занятий (по личному конспекту лекций студента), подготовка к практическим занятиям с привлечением рекомендованной литературы.	5
2		Самостоятельная проработка вопросов и заданий по тематике раздела дисциплины.	5
3	Раздел 2. Общие вопросы измерения неэлектрических величин.	Самостоятельная проработка вопросов и заданий по тематике раздела дисциплины.	7
4		Изучение учебного материала лекционных занятий (по личному конспекту лекций студента), подготовка к практическим занятиям с привлечением рекомендованной литературы.	7
5	Раздел 3. Динамические свойства измерительных цепей.	Изучение учебного материала лекционных занятий (по личному конспекту лекций студента), подготовка к практическим занятиям с привлечением рекомендованной литературы.	10
6		Самостоятельная проработка вопросов и заданий по тематике раздела дисциплины.	10
7	Раздел 4. Механические измерительные преобразователи.	Изучение учебного материала лекционных занятий (по личному конспекту лекций студента), подготовка к практическим занятиям с привлечением рекомендованной литературы.	10
8		Самостоятельная проработка вопросов и заданий по тематике раздела дисциплины.	12
9	Раздел 5. Параметрические преобразователи.	Изучение учебного материала лекционных занятий (по личному конспекту лекций студента), подготовка к практическим занятиям с привлечением рекомендованной литературы.	8
10		Подготовка к выполнению и защите лабораторных работ.	7
11		Самостоятельная проработка вопросов и заданий по тематике раздела дисциплины.	8
12	Раздел 6. Обратимые измерительные преобразователи.	Изучение учебного материала лекционных занятий (по личному конспекту лекций студента), подготовка к практическим занятиям с привлечением рекомендованной литературы.	8
13		Подготовка к выполнению и защите лабораторных работ.	5
14		Самостоятельная проработка вопросов и заданий по тематике раздела дисциплины.	10
Всего за 9 семестр			112



#### 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
9			ВиЗ	ЛР		ДР	ЛР	ВиЗ		ДР	ЛР	Колл	ВиЗ		ЛР	ДР	Вопр. Экз

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ВиЗ – вопросы и задания;
- ЛР – лабораторная работа;
- Колл – коллоквиум;
- Вопр. Экз – вопросы к экзамену.

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

- диагностическая работа;
- вопросы и задания;
- лабораторная работа;
- коллоквиум;
- вопросы к экзамену.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен.

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. В. Д. Вавилов, С. П. Тимошенко, А. С. Тимошенко. . Микросистемные датчики физических величин. Москва: Техносфера, 2018, эл. рес.
2. Г. Г. Раннев. . Измерительные информационные системы. М.: Академия, 2010, 22 экз.
3. И. С. Болховитинов, Г. С. Жартовский. . Измерение механических параметров. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008, эл. рес.
4. Н. К. Ерофеев. . Измерительная информационная техника. Л.: Изд-во ЛМИ, 1990, 63 экз.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

1. В. М. Шарапов, Е. С. Полищук, Н. Д. Кошевой. . Датчики. М.: Техносфера, 2012, 3 экз.

### 5.3. Периодические издания:

1. Вопросы оборонной техники. Серия 16;
2. Информационно-измерительные и управляющие системы;
3. Моделирование и анализ информационных систем.

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

1. <http://urait.ru> — Образовательная платформа «Юрайт». Для вузов и ссузов.;
2. <http://library.voenmeh.ru> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
3. <http://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;
2. Ansys Multiphysics 2019 Teaching Advanced;
3. PTC Mathcad Prime 5.0;
4. PROView 32; Matlab 2015a SP1;
5. FEMM.

### 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. Проектор;
2. Интерактивная доска;
3. Microsoft Office;
4. Ansys Multiphysics 2019 Teaching Advanced;
5. PTC Mathcad Prime 5.0;
6. PROView 32; Matlab 2015a SP1;
7. FEMM.

### **6.3. Лабораторные занятия:**

1. Проектор;
2. Интерактивная доска;
3. Microsoft Office;
4. Ansys Multiphysics 2019 Teaching Advanced;
5. PTC Mathcad Prime 5.0;
6. PROView 32; Matlab 2015a SP1;
7. FEMM.

### **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 **СЕНСОРНЫЕ СИСТЕМЫ ВЗРЫВАТЕЛЕЙ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *17.05.01 Боеприпасы и взрыватели*. Дисциплина реализуется на факультете *Е Оружие и системы вооружения* БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой *Е6 АВТОНОМНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ И УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ*.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПСК-14 способность проектировать и конструировать взрыватели различного назначения;

ПСК-15 способность демонстрировать знания принципов действия взрывателей и их функционирования.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с формированием целостного представления о физических основах функционирования мехатронных систем и прежде всего в части информационно-измерительных или сенсорных систем, применяемых в составе взрывателей и систем управления средствами поражения. В процессе изучения данной дисциплины студентам прививаются базовые концептуальные знания, позволяющие на практике выполнять синергетическое объединение узлов точной механики с электронными, электротехническими и компьютерными компонентами, направленное на проектирование и производство качественно новых изделий.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- вопросы и задания;
- лабораторная работа;
- коллоквиум;
- вопросы к экзамену.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 5 з.е., **180 ч**. Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**34 ч.**), практические занятия (**17 ч.**), лабораторный практикум (**17 ч.**), самостоятельная работа студента (**112 ч**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 180 ч., из них 68 ч. аудиторных занятий, и 112 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.
Раздел 1. Введение.		
Изучение учебного материала лекционных занятий (по личному конспекту лекций студента), подготовка к практическим занятиям с привлечением рекомендованной литературы.	В. Д. Вавилов, С. П. Тимошенко, А. С. Тимошенко. . Микросистемные датчики физических величин: Москва: Техносфера, 2018 (Глава 1) В. М. Шарапов, Е. С. Полищук, Н. Д. Кошевой. . Датчики: М.: Техносфера, 2012 (Глава 1) Г. Г. Раннев. . Измерительные информационные системы: М.: Академия, 2010 (Глава 1)	5
Самостоятельная проработка вопросов и заданий по тематике раздела дисциплины.	И. С. Болховитинов, Г. С. Жартовский. . Измерение механических параметров: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008 (Глава 1)	5
Итого по разделу 1		10
Раздел 2. Общие вопросы измерения неэлектрических величин.		
Самостоятельная проработка вопросов и заданий по тематике раздела дисциплины.	В. Д. Вавилов, С. П. Тимошенко, А. С. Тимошенко. . Микросистемные датчики физических величин: Москва: Техносфера, 2018 (Главы 1, 2, 3) В. М. Шарапов, Е. С. Полищук, Н. Д. Кошевой. . Датчики: М.: Техносфера, 2012 (Главы 1, 2, 3)	7
Изучение учебного материала лекционных занятий (по личному конспекту лекций студента), подготовка к практическим занятиям с привлечением рекомендованной литературы.		7
Итого по разделу 2		14
Раздел 3. Динамические свойства измерительных цепей.		
Изучение учебного материала лекционных занятий (по личному конспекту лекций студента), подготовка к практическим занятиям с привлечением рекомендованной литературы.	Н. К. Ерофеев. . Измерительная информационная техника: Л.: Изд-во ЛМИ, 1990 (Главы 1, 2, страницы 3-87) В. Д. Вавилов, С. П. Тимошенко, А. С. Тимошенко. . Микросистемные датчики физических величин: Москва: Техносфера, 2018 (Глава 6, страницы 165-173)	10
Самостоятельная проработка вопросов и заданий по тематике раздела дисциплины.		10
Итого по разделу 3		20
Раздел 4. Механические измерительные преобразователи.		
Изучение учебного материала лекционных занятий (по личному конспекту лекций студента), подготовка к практическим занятиям с привлечением рекомендованной литературы.	В. М. Шарапов, Е. С. Полищук, Н. Д. Кошевой. . Датчики: М.: Техносфера, 2012 (Глава 12, страницы 264-290) Н. К. Ерофеев. . Измерительная	10

Самостоятельная проработка вопросов и заданий по тематике раздела дисциплины.	информационная техника: Л.: Изд-во ЛМИ, 1990 (Глава 5, страницы 174-204)	12
Итого по разделу 4		22
<b>Раздел 5. Параметрические преобразователи.</b>		
Изучение учебного материала лекционных занятий (по личному конспекту лекций студента), подготовка к практическим занятиям с привлечением рекомендованной литературы.	Н. К. Ерофеев. . Измерительная информационная техника: Л.: Изд-во ЛМИ, 1990 (Глава 4, страницы 143-173) В. М. Шарапов, Е. С. Полищук, Н. Д. Кошевой. . Датчики: М.: Техносфера, 2012 (Главы 7,8, страницы 131-170)	8
Подготовка к выполнению и защите лабораторных работ.	В. Д. Вавилов, С. П. Тимошенко, А. С. Тимошенко. . Микросистемные датчики физических величин: Москва: Техносфера, 2018 (Глава 2, страницы 57-88)	7
Самостоятельная проработка вопросов и заданий по тематике раздела дисциплины.		8
Итого по разделу 5		23
<b>Раздел 6. Обратимые измерительные преобразователи.</b>		
Изучение учебного материала лекционных занятий (по личному конспекту лекций студента), подготовка к практическим занятиям с привлечением рекомендованной литературы.	В. М. Шарапов, Е. С. Полищук, Н. Д. Кошевой. . Датчики: М.: Техносфера, 2012 (Главы 9-11, страницы 171-262) Н. К. Ерофеев. . Измерительная информационная техника: Л.: Изд-во ЛМИ, 1990 (Глава 3, страницы 89-142)	8
Подготовка к выполнению и защите лабораторных работ.	В. Д. Вавилов, С. П. Тимошенко, А. С. Тимошенко. . Микросистемные датчики физических величин: Москва: Техносфера, 2018 (Глава 4, страницы 129-147, глава 10, страницы 332-357)	5
Самостоятельная проработка вопросов и заданий по тематике раздела дисциплины.		10
Итого по разделу 6		23

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- вопросы и задания;
- коллоквиум;
- лабораторная работа;
- вопросы к экзамену;
- 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.

#### Вопросы и задания

1. Дайте определение "мехатронике" как предмету.
2. Перечислите основные понятия и определения, используемые в мехатронике.
3. Назовите состав мехатронной системы.
4. Что такое «мехатронные модули», назовите их виды, приведите функциональное назначение.
5. Что такое «интеллектуальные мехатронные модули».
6. В чем заключается значение первичных измерительных преобразователей.
7. Приведите общие требования к измерительным преобразователям-датчикам.
8. Приведите основные параметры измерительных преобразователей-датчиков.
9. Перечислите основные характеристики датчиков.
10. Дайте понятие динамическим измерениям.
11. Приведите динамические уравнения измерительного преобразователя.
12. Что такое частотные характеристики измерительных преобразователей.
13. Что такое передаточная функция измерительного преобразователя.
14. Дайте краткую характеристику резистивным преобразователям.
15. Дайте краткую характеристику емкостным преобразователям.
16. Дайте краткую характеристику индуктивным преобразователям.
17. Дайте краткую характеристику микромеханическим преобразователям.
18. Измерительные преобразователи сейсмического действия.
19. Приведите динамическое уравнение.
20. Какие бывают режимы работы преобразователей сейсмического действия.
21. Измерительные преобразователи сейсмического действия. Виброметр.
22. Измерительные преобразователи сейсмического действия. Велосиметр.
23. Измерительные преобразователи сейсмического действия. Акселерометр.
24. Сопоставьте режимов работы преобразователя сейсмического действия.
25. Назовите элементы сейсмических систем.
26. Дайте характеристику воздушному демпфированию.
27. Дайте характеристику жидкостному демпфированию.
28. Дайте характеристику токовихревому демпфированию.
29. Дайте характеристику струнным датчикам.
30. Приведите уравнение движения струны.
31. С чем связана нелинейность струнного датчика.
32. Что такое коэффициент преобразования струнного датчика.
33. Приведите конструкции струн.
34. Приведите схемы включения струнных датчиков.
35. Дайте характеристику термобиметаллическому чувствительному элементу.
36. Что такое электродинамический преобразователь.
37. Что такое входное сопротивление и чувствительность электродинамического измерительного преобразователя.
38. Где применяются электродинамические измерительные преобразователи.

39. Что такое входная жесткость и чувствительность электростатического измерительного преобразователя.
40. Где применяются электростатические измерительные преобразователи.
41. Опишите передаточную функцию динамометра.
42. Опишите передаточную функцию акселерометра.
43. Что такое степень затухания и собственная частота сейсмической системы.
44. Чувствительность сейсмодатчика с учетом массы упругого элемента.
45. Что такое собственная частота сейсмодатчика с учетом массы упругого элемента.
46. Собственная частота сейсмической системы и собственная частота поперечных колебаний струны дифференциального струнного датчика.
47. Приведите методы уменьшения влияния разности потенциалов между точками заземления источника и измерительного прибора.
48. Какое влияние оказывают на электрические измерительные преобразователи внешние наводки и помехи.
49. Какое влияние термоЭДС и переходных сопротивлений коммутирующих контактов.
50. Охарактеризуйте преобразователи сигналов термопар и терморезисторов.
51. Охарактеризуйте преобразователи сигналов пьезоэлектрических измерительных преобразователей.
52. Опишите устройство простейшего пьезопреобразователя.
53. Дайте понятие четырехполюсника как модели пьезопреобразователя.
54. В чем заключается физика пьезоэффекта.
55. Почему происходит поляризация диэлектрика под влиянием приложенного поля и пьезополяризации.
56. Дайте количественную оценку эффекта пьезополяризации.
57. Что такое константы упругости.
58. Что такое модули Юнга.
59. Что такое пьезоконстанты.
60. В чем заключается преобразование энергии в пьезоэлектрике.
61. В чем заключается связь между константами.
62. Как осуществляется экспериментальное определение пьезоконстант.
63. Приведите уравнения пьезопреобразователя.
64. Что такое входное сопротивление преобразователя-генератора.
65. Что такое входное сопротивление преобразователя-двигателя.
66. Что такое чувствительность пьезопреобразователей.

### **Коллоквиум**

Проводится в устной форме. На коллоквиум выносятся часть материала экзамена; оценка за коллоквиум учитывается при выставлении оценки по итогам экзамена.

Тематика коллоквиума.

1. Основные понятия о сенсорной системе взрывателя. Классификация сенсорных систем взрывателей и основные требования к сенсорной системе взрывателей.
2. Электрические измерения неэлектрических величин. Методы измерительных преобразований.
3. Общие требования к измерительным преобразователям-датчикам. Основные параметры измерительных преобразователей-датчиков. Характеристики датчиков.
4. Измерительные преобразователи сейсмического действия. Динамическое уравнение. Режимы.
5. Измерительные преобразователи сейсмического действия. Виброметр. Велосиметр. Акселерометр. Сопоставление режимов работы преобразователя сейсмического действия.
6. Струнные датчики. Уравнение движения. Нелинейность струнного датчика. Коэффициент преобразования струнного датчика. Схемы включения струнных датчиков.
7. Термодатчики. Виды, области применения, особенности.
8. Параметрические преобразователи. Представители, физические основы построения, характеристики.
9. Использование электромеханических аналогий.

На коллоквиум могут выноситься иные темы, заинтересовавшие обучающихся в процессе освоения материала.

На коллоквиуме в ходе обсуждения рассматриваемой темы обучающиеся закрепляют и расширяют свои знания, полученные на лекционных, практических и лабораторных занятиях.

Ответ оценивается преподавателем по четырёхбалльной системе; оцениваются корректность и полнота ответа.

Оценка выставляется согласно следующим критериям:

«отлично» - глубокое усвоение материала - полные, последовательные, грамотные и логически излагаемые ответы при видоизменении вопроса, правильно обоснованные решения, владение



разносторонними навыками и приемами;

«хорошо» - знание программного материала - грамотное изложение, без существенных неточностей в ответе на вопрос, правильное применение теоретических знаний, владение необходимыми навыками при выполнении практических задач;

«удовлетворительно» - усвоение основного материала - при ответе допускаются неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушение последовательности в изложении материала, затруднения в выполнении практических заданий;

«неудовлетворительно» - незнание материала, при ответе возникают ошибки, затруднения при выполнении практических работ.

По результатам сдачи обучающимся коллоквиума преподаватель выставляет оценку согласно вышеуказанным критериям, при этом контрольное мероприятие считается успешно пройденным в случае получения обучающимся оценки не ниже, чем "удовлетворительно".

### **Лабораторная работа**

Контроль текущего выполнения и защиты лабораторных работ обучающимся. Оцениваются умение применить полученные теоретические знания, соблюдение правил техники безопасности, своевременность выполнения лабораторных работ.

На первом занятии для всей группы проводится инструктаж на рабочем месте по правилам соблюдения требований техники безопасности и о порядке допуска к лабораторным работам. В книге учёта первичного инструктажа каждый обучающийся расписывается по факту проведения инструктажа. Обучающимся сообщается порядок допуска, выполнения и защиты лабораторных работ. Как правило, группа разбивается на бригады по 2-3 человека.

Оценка качества выполнения лабораторной работы осуществляется преподавателем по четырёхбалльной системе. В случае, если ответы обучающегося во время защиты соответствуют указанным требованиям, обучающийся получает максимальное количество баллов. Основаниями для снижения количества баллов в диапазоне от "отлично" до "неудовлетворительно" являются:

- небрежное выполнение,
- поверхностные, непродуманные ответы выводы по результатам работы,
- неверные ответы на вопросы преподавателя.

Контрольное мероприятие считается успешно пройденным в случае получения обучающимся оценки за каждую лабораторную не ниже, чем "удовлетворительно".

### **Вопросы к экзамену**

1. Основные понятия о сенсорной системе взрывателя. Классификация сенсорных систем взрывателей.
2. Основные понятия о сенсорной системе взрывателя. Основные требования к сенсорной системе взрывателей.
3. Общие требования к измерительным преобразователям-датчикам.
4. Электродинамический преобразователь. Входное сопротивление электродинамического преобразователя.
5. Электродинамический преобразователь. Чувствительность электродинамического преобразователя.
6. Электростатический преобразователь. Входная жесткость электростатического преобразователя.
7. Электростатический преобразователь. Входное сопротивление электростатического преобразователя.
8. Электростатический преобразователь. Чувствительность электростатического преобразователя.
9. Измерительные преобразователи сейсмического действия. Динамическое уравнение. Режимы.
10. Измерительные преобразователи сейсмического действия. Виброметр.
11. Измерительные преобразователи сейсмического действия. Велосиметр.
12. Измерительные преобразователи сейсмического действия. Акселерометр.
13. Измерительные преобразователи сейсмического действия. Сопоставление режимов работы преобразователя сейсмического действия.
14. Измерительные преобразователи сейсмического действия. Воздушное демпфирование.
15. Измерительные преобразователи сейсмического действия. Токовихревое демпфирование.
16. Струнные датчики. Уравнение движения струны.
17. Струнные датчики. Нелинейность струнного датчика.
18. Струнные датчики. Коэффициент преобразования струнного датчика.
19. Струнные датчики. Схемы включения струнных датчиков.
20. Термобиметаллический чувствительный элемент.
21. Электрические измерительные преобразователи. Методы уменьшения влияния разности

- потенциалов между точками заземления источника и измерительного прибора.
22. Электрические измерительные преобразователи. Влияние внешних наводок и помех.
  23. Электрические измерительные преобразователи. Преобразователи сигналов термодпар и терморезисторов.
  24. Электрические измерительные преобразователи. Преобразователи сигналов пьезоэлектрических измерительных преобразователей.
  25. Электрические измерительные преобразователи. Преобразователи напряжения в частоту.
  26. Электрические измерительные преобразователи. Преобразователи переменных напряжений.
  27. Устройство простейшего пьезопреобразователя.
  28. Четырехполосник - модель пьезопреобразователя.
  29. Физика пьезоэффекта.
  30. Поляризация диэлектрика под влиянием приложенного поля и пьезополяризации.
  31. Количественная оценка эффекта пьезополяризации.
  32. Постоянные пьезоэлектриков. Константы упругости.
  33. Постоянные пьезоэлектриков. Модули Юнга.
  34. Постоянные пьезоэлектриков. Пьезоконстанты.
  35. Постоянные пьезоэлектриков. Местные уравнения.
  36. Постоянные пьезоэлектриков. Преобразование энергии в пьезоэлектрике.
  37. Уравнения пьезопреобразователя.
  38. Характеристики пьезопреобразователя. Входное сопротивление преобразователя-генератора.
  39. Характеристики пьезопреобразователя. Входное сопротивление преобразователя-двигателя.
  40. Чувствительность пьезопреобразователей.
  41. Динамическая модель пьезопреобразователя. Частотные характеристики измерительных преобразователей. Передаточная функция измерительного преобразователя.
  42. Емкостные преобразователи.
  43. Индуктивные преобразователи.

### **Экзамен**

Вопросы к экзамену оформляются в виде билета. Билет включает в себя два теоретических вопроса и практическое задание.

Оценка за экзамен выставляется согласно следующим критериям:

«отлично» - глубокое усвоение материала - полные, последовательные, грамотные и логически излагаемые ответы при видоизменении вопроса, правильно обоснованные решения, владение разносторонними навыками и приемами;

«хорошо» - знание программного материала - грамотное изложение, без существенных неточностей в ответе на вопрос, правильное применение теоретических знаний, владение необходимыми навыками при выполнении практических задач;

«удовлетворительно» - усвоение основного материала - при ответе допускаются неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушение последовательности в изложении материала, затруднения в выполнении практических заданий;

«неудовлетворительно» - незнание материала, при ответе возникают ошибки, затруднения при выполнении практических работ.

Паспорт фонда оценочных средств

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		ПСК-14	ПСК-15	
5	9	Раздел 1. Введение.	12	2	2	0	0	10	10	10	Коллоквиум, Вопросы и задания
5	9	Раздел 2. Общие вопросы измерения неэлектрических величин.	18	4	4	0	0	14	15	15	Коллоквиум, Вопросы и задания
5	9	Раздел 3. Динамические свойства измерительных цепей.	27	7	6	0	1	20	10	10	Коллоквиум, Лабораторная работа, Вопросы и задания
5	9	Раздел 4. Механические измерительные преобразователи.	36	14	6	0	8	22	15	15	Коллоквиум, Вопросы и задания
5	9	Раздел 5. Параметрические преобразователи.	42	19	8	7	4	23	20	20	Лабораторная работа, Вопросы и задания
5	9	Раздел 6. Обратимые измерительные преобразователи.	45	22	8	10	4	23	30	30	Лабораторная работа, Вопросы к экзамену, Вопросы и задания
Всего за 9 семестр			180	68	34	17	17	112	100	100	
Всего по дисциплине			180	68	34	17	17	112	100	100	

## Критерии оценивания

### ПСК-14

	<i>Вопросы открытого типа:</i>
№ 1	Специальная дисциплина
№ 2	Специальная дисциплина
№ 3	Специальная дисциплина
№ 4	Специальная дисциплина
№ 5	Специальная дисциплина
№ 6	Специальная дисциплина
№ 7	Специальная дисциплина
№ 8	Специальная дисциплина
№ 9	Специальная дисциплина
№ 10	Специальная дисциплина
	<i>Вопросы закрытого типа:</i>
№ 1	Специальная дисциплина
№ 2	Специальная дисциплина
№ 3	Специальная дисциплина
№ 4	Специальная дисциплина
№ 5	Специальная дисциплина
№ 6	Специальная дисциплина
№ 7	Специальная дисциплина
№ 8	Специальная дисциплина
№ 9	Специальная дисциплина
№ 10	Специальная дисциплина

### ПСК-15

	<i>Вопросы открытого типа:</i>
№ 1	Специальная дисциплина
№ 2	Специальная дисциплина
№ 3	Специальная дисциплина
№ 4	Специальная дисциплина
№ 5	Специальная дисциплина
№ 6	Специальная дисциплина
№ 7	Специальная дисциплина
№ 8	Специальная дисциплина
№ 9	Специальная дисциплина
№ 10	Специальная дисциплина
	<i>Вопросы закрытого типа:</i>
№ 1	Специальная дисциплина
№ 2	Специальная дисциплина
№ 3	Специальная дисциплина
№ 4	Специальная дисциплина
№ 5	Специальная дисциплина
№ 6	Специальная дисциплина
№ 7	Специальная дисциплина
№ 8	Специальная дисциплина
№ 9	Специальная дисциплина
№ 10	Специальная дисциплина