

УТВЕРЖДАЮ  
 Декан факультета

\_\_\_\_\_ Знаменский Е.А.

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ 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	
3	6	3	108	51	34	0	17	57	0	0	57	ЭКЗ.
4	7	3	108	51	34	0	17	57	0	0	57	ЭКЗ.
ВСЕГО		6	216	102	68	0	34	114	0	0	114	

*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: 2026

Программу составили:

Кафедра Е6 АВТОНОМНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ И  
УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ

Романов Игорь Владимирович, старший преподаватель

\_\_\_\_\_

Кафедра Е6 АВТОНОМНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ И  
УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ

Егоренков Леонид Семенович, к.т.н., старший научный сотрудник,  
доцент

\_\_\_\_\_

Программа рассмотрена

на заседании кафедры-разработчика

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

Заведующий кафедрой Оськин И.А., д.т.н.

\_\_\_\_\_

Программа рассмотрена

на заседании выпускающей кафедры

**Е6 АВТОНОМНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ И УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ**

Заведующий кафедрой Оськин И.А., д.т.н.

\_\_\_\_\_

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ 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:

ОПК-11 — Способен ориентироваться в проблемных ситуациях и решать сложные вопросы проектирования, производства, испытания и эксплуатации боеприпасов и взрывателей различного типа и назначения

ПК-2 — Способен ориентироваться в многообразии динамических воздействий на взрыватели на всех этапах их функционирования и эксплуатации, разрабатывать методики проведения испытаний образцов взрывателей

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### **ОПК-11**

*знания:*

проанализировать и оценить силы, действующие на детали взрывателя в различных условиях эксплуатации (служебное обращение, выстрел, траектория);

*умения:*

составление математических моделей движения в механизмах взрывателей;

*навыки:*

принципы выполнения различных функциональных задач механизмами и устройствами взрывателей.

### **ПК-2**

*знания:*

возможности выполнения устройствами и механизмами взрывателей, требуемых от них функциональных свойств;

особенности построения и принципы функционирования автономных информационных и управляющих систем, в частности взрывателей и составляющих его устройств и механизмов, условия функционирования взрывателей различных боеприпасов и условия служебного обращения;

*умения:*

проанализировать и оценить силы, действующие на детали взрывателя в различных условиях эксплуатации (служебное обращение, выстрел, траектория);

составлять математические модели функционирования механизмов и устройств взрывателей, процессов, происходящих в них, а также анализировать эти процессы с целью разработки практических рекомендаций по проектированию механизмов и схем различных типов взрывателей;

*навыки:*

ориентирования в механизмах и устройствах управляющих систем различного назначения, их критического анализа и возможных направлений их совершенствования;

составление математических моделей движения в механизмах взрывателей.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВЗРЫВАТЕЛЕЙ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *17.05.01 Боеприпасы и взрыватели*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ФИЗИКА, СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ, ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА, ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА, ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА, МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В МЕХАНИКЕ, ОСНОВЫ ГОРЕНИЯ И ВЗРЫВА, ТЕОРИЯ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН, ВВЕДЕНИЕ В СПЕЦИАЛЬНОСТЬ, МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ.**

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ВРЕМЕННЫЕ УСТРОЙСТВА, ДАТЧИКИ ИНТЕРВАЛОВ ВРЕМЕНИ И УСТАНОВОЧНЫЕ УСТРОЙСТВА, КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПРАКТИКА, МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ ВЗРЫВАТЕЛЕЙ, МИКРОЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ВЗРЫВАТЕЛЕЙ, ПРЕДДИПЛОМНАЯ ПРАКТИКА, ПРОЕКТИРОВАНИЕ И КОНСТРУИРОВАНИЕ ВЗРЫВАТЕЛЕЙ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ВЗРЫВАТЕЛЕЙ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ ВЗРЫВАТЕЛЕЙ, СЕНСОРНЫЕ СИСТЕМЫ ВЗРЫВАТЕЛЕЙ, СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПРОИЗВОДСТВА ВЗРЫВАТЕЛЕЙ, ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ, ЭФФЕКТИВНОСТЬ И НАДЕЖНОСТЬ, ОПТИЧЕСКАЯ И КВАНТОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ, ИНЖЕНЕРНОЕ ПРОТОТИПИРОВАНИЕ И ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА.**

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен понимать цели и задачи инженерной деятельности в современной науке и производстве
- ОПК-11 — Способен ориентироваться в проблемных ситуациях и решать сложные вопросы проектирования, производства, испытания и эксплуатации боеприпасов и взрывателей различного типа и назначения
- ОПК-2 — Способен самостоятельно применять приобретенные математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для решения инженерных задач
- ОПК-7 — Способен анализировать текущее состояние и тенденции развития оружия и систем вооружения
- ПК-1 — Способен демонстрировать знания принципов действия взрывателей и их функционирования

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 з.е., 216 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	Практические занятия		ОПК-11	ПК-2	
3	6	<b>Раздел 1. Взрыватель как автономная информационная и управляющая система.</b> 1.1 Основные понятия об автономных информационных и управляющих системах и их структурные схемы. 1.2 Технические требования к современным автономным информационным и управляющим системам. 1.3 Взрывательное устройство - типовая автономная информационная и управляющая система; структурная схема взрывательного устройства и назначение элементов структурной схемы.	18	8	4	4	10	10	10	
3	6	<b>Раздел 2. Основные понятия теории автоматического управления.</b> 2.1 Принципы действия систем управления и систем автоматического регулирования; модели динамических и статических систем. Понятие состояния динамических систем. Уравнение состояния линейных систем. Линеаризация уравнений состояния. Примеры уравнений состояния систем. 2.2 Передаточные функции и их определение по уравнениям состояния. Переходные процессы и статические ошибки автоматических систем управления. 2.3 Частотные характеристики непрерывных и дискретных систем. Примеры расчёта частотных характеристик.	25	10	8	2	15	20	20	
3	6	<b>Раздел 3. Силы и другие воздействия, возникающие и действующие на боеприпасы и механизмы взрывателей в служебном обращении.</b> 3.1 Вибрационные, ударные и квазистатические воздействия. Ускорения при перевозке различными видами транспорта. Определение ускорения снаряда при падении на жесткую и мягкую преграды. Определение максимальных перемещений в осевых инерционных механизмах взрывателей. Качение снаряда по наклонной плоскости. Оценка касательных и центробежных сил, возникающих при качении. 3.2 Земная атмосфера и ее свойства. Структура атмосферы. Сведения о тропосфере, стратосфере и ионосфере. Температура, влажность и давление воздуха в различных слоях атмосферы. Морские условия: туман, температура окружающей среды. Тропические условия, Космические условия. Влияние атмосферных и космических условий на безопасность и безотказность действия взрывателей 3.3 Физические воздействия на объект в служебном обращении и на траектории. Электризация, кинетический нагрев, изменение уровня космической и солнечной радиации. Электростатические и электромагнитные наводки. Характеристики этих факторов.	35	18	12	6	17	10	10	
3	6	<b>Раздел 4. Элементы теории колебаний применительно к задачам, возникающим при проектировании механизмов и устройств взрывателей.</b> 4.1 Колебательные системы. Свободные и вынужденные колебания в системах. Определение собственных и резонансных частот типовых колебательных систем. Влияние сил сопротивления на колебательные параметры. Временные, фазовые и фазово-временные зависимости. 4.2 Виброударные колебания. Методы определения максимальных перемещений в виброударных системах. Анализ области существования периодических виброударных режимов и оценка виброустойчивости осевых инерционных механизмов. 4.3 Электрические колебания и их аналогия с механическими колебаниями. Электрический колебательный контур, содержащий сопротивление, конденсатор и индуктивность. Резонанс токов и напряжений. Добротность колебательной системы. 4.4 Разложение в ряд Фурье и практическое применение этого разложения в задачах, связанных с обработкой аналоговых и цифровых сигналов. 4.5 Автоколебания и автоколебательные системы. Автоколебательная система функционирования спусковых на примерах регуляторов часовых механизмов взрывателей и функционирования автодина радиовзрывателей.	30	15	10	5	15	5	5	
Всего за 6 семестр			108	51	34	17	57	45	45	
4	7	<b>Раздел 5. Силы инерции при выстреле.</b> 5.1 Силы инерции при артиллерийском выстреле. Основные сведения об артиллерийских системах. Движение артиллерийского снаряда в канале орудия и на участке последействия. Физический смысл давления форсирования, Способы учета периода форсирования. Осевая, центробежная, касательная и кориолисова силы инерции. Коэффициенты осевой и центробежной взводимости. Силы инерции деталей взрывателей и примеры их учета и использования. 5.2 Силы инерции при минометном выстреле. Особенности минометного выстрела. Основные технические характеристики современных минометов и мин. Зависимости для ускорения мины при выстреле. Особенности движения мины при выстреле и на траектории. Значения коэффициента осевой взводимости. 5.3 Силы инерции при реактивном выстреле. Силы и моменты, действующие на реактивный снаряд. Ускорения движения неуправляемых и управляемых реактивных снарядов на пусковой установке, при отделении ракеты от стартового ускорителя. Влияние температуры на ускорение движения реактивного снаряда. Давления и температуры в камерах стартового и маршевого двигателей. Вибрации, вызванные работой двигателей. Силы инерции на активном участке траектории. Активно-реактивный выстрел, его особенности и основные параметры.	25	10	8	2	15	20	20	
4	7	<b>Раздел 6. Силы инерции деталей взрывателей, возникающие при сложном движении боеприпаса.</b> 6.1 Системы координат для определения параметров движения снаряда и деталей взрывателей. Движение абсолютное, относительное и переносное. Закон Ньютона для неинерциальных систем. 6.2 Главный вектор и главный момент сил как характеристики силового воздействия. Нахождение главного вектора и главного момента сил инерции для деталей различной конфигурации (ползун, поворотная втулка, поворотный	30	18	12	6	12	15	15	

		диск). Моменты инерции деталей взрывателей. Центробежный момент инерции и его зависимость от угла поворота детали.							
4	7	<b>Раздел 7. Динамические воздействия, испытываемые боеприпасом и взрывателем на траектории.</b> 7.1 Силы и моменты, действующие при движении снаряда в воздухе и их определение при дозвуковой и сверхзвуковой скоростях движения. Уравнение движения снаряда в воздухе. Изменение линейной и угловой скоростей движения снаряда на траектории. Формула Слезкина. Прецессионно-нутационное движение снаряда на траектории, причины его возникновения и основные параметры. Сила нутации. Сила лобового сопротивления, подъемная сила. Коэффициент набегания. 7.2 Силы инерции, возникающие при отделении боеприпаса от носителя, при раскрытии и движении кассетных боеприпасов.	21	6	4	2	15	10	10
4	7	<b>Раздел 8. Силы, возникающие при динамическом взаимодействии снаряда с преградами.</b> 8.1 Общие зависимости сопротивления среды движению проникающего тела и ее частные случаи применительно к преградам с различными физико-механическими свойствами. Проникание снаряда в грунт, бетон, каменную кладку. Определение сил инерции, возникающих при соударении боеприпаса с грунтом. Рикошетирующее движение снаряда от грунта, определение сил инерции при рикошетном ударе (поперечные, осевые, касательные силы инерции). 8.2 Удар снаряда о броню. Формула Жакоб де Мара. Расчет среднего ускорения снаряда в процессе пробития преграды. 8.3 Удар снаряда о воду. Основные этапы процесса соударения снаряда с водой и движения снаряда в воде. Понятие о присоединенной массе воды. Влияние скорости соударения с водой на характер удара и перегрузку при ударе. Определение параметров движения снаряда в воде. Определение установившейся скорости движения снаряда в воде. 8.4 Волновые явления при взаимодействии снаряда с преградами. Физические основы явления. Основные зависимости для расчета параметров ударного воздействия и волн упругих деформаций в зависимости от скорости взаимодействия. Энергетические соотношения при волновых процессах. 8.5 Особенности движения в преграде деформируемого снаряда.	32	17	10	7	15	10	10
<b>Всего за 7 семестр</b>			108	51	34	17	57	55	55
<b>Всего по дисциплине</b>			216	102	68	34	114	100	100

### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Взрыватель как автономная информационная и управляющая система.	Разбор структурных схем взрывателей как автономных информационных и управляющих систем.	4
2	Раздел 2. Основные понятия теории автоматического управления.	Основные понятия теории автоматического управления. Уравнение состояния линейных систем. Примеры уравнений состояния систем. Передаточные функции и их определение по уравнениям состояния.	2
3	Раздел 3. Силы и другие воздействия, возникающие и действующие на боеприпасы и механизмы взрывателей в служебном обращении.	Определение максимальных угловых скоростей и ускорений, действующих на снаряд при падении снаряда на различные преграды в служебном обращении.	2
4		Определение максимальных перемещений при падении снаряда на различные преграды в служебном обращении.	2
5		Определение максимальных перегрузок при падении снаряда на различные преграды в служебном обращении.	2
6	Раздел 4. Элементы теории колебаний применительно к задачам, возникающим при проектировании механизмов и устройств взрывателей.	Разложение в ряд Фурье и практическое применение этого разложения.	2
7		Электрические колебания и их аналогия с механическими колебаниями. Электрический колебательный контур, содержащий сопротивление, конденсатор и индуктивность. Резонанс токов и напряжений.	3
Всего за 6 семестр			17
8	Раздел 5. Силы инерции при выстреле.	Исследование основных параметров, влияющих на надежность срабатывания наковальных механизмов во взрывателях к артиллерийским и турбореактивным снарядам.	2
9	Раздел 6. Силы инерции деталей взрывателей, возникающие при сложном движении боеприпаса.	Определение условий вращения деталей взрывателя под действием касательных сил инерции.	2
10		Определение сил, действующих на детали взрывателей при артиллерийском выстреле,	2

		например, в механизме типа ДМДВ-6.	
11		Определение осевых и центробежных моментов инерции деталей взрывателей.	2
12	Раздел 7. Динамические воздействия, испытываемые боеприпасом и взрывателем на траектории.	Оценка сил, действующих на детали взрывателя на траектории.	2
13	Раздел 8. Силы, возникающие при динамическом взаимодействии снаряда с преградами.	Определение изменения динамических воздействий на снаряд при его встрече с различными преградами.	7
<b>Всего за 7 семестр</b>			<b>17</b>

### 3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Взрыватель как автономная информационная и управляющая система.	Проработка аудиторных занятий, оформление практических занятий, подготовка к рубежной аттестации.	10
2	Раздел 2. Основные понятия теории автоматического управления.	Проработка аудиторных занятий, оформление практических занятий, подготовка к рубежной аттестации.	15
3	Раздел 3. Силы и другие воздействия, возникающие и действующие на боеприпасы и механизмы взрывателей в служебном обращении.	Проработка аудиторных занятий, оформление практических занятий.	17
4	Раздел 4. Элементы теории колебаний применительно к задачам, возникающим при проектировании механизмов и устройств взрывателей.	Проработка аудиторных занятий, оформление практических занятий, подготовка к сдаче экзамена.	15
<b>Всего за 6 семестр</b>			<b>57</b>
5	Раздел 5. Силы инерции при выстреле.	Проработка аудиторных занятий, оформление практических занятий, подготовка к рубежной аттестации.	15
6	Раздел 6. Силы инерции деталей взрывателей, возникающие при сложном движении боеприпаса.	Проработка аудиторных занятий, оформление практических занятий, подготовка к рубежной аттестации.	12
7	Раздел 7. Динамические воздействия, испытываемые боеприпасом и взрывателем на траектории.	Проработка аудиторных занятий, оформление практических занятий.	15
8	Раздел 8. Силы, возникающие при динамическом взаимодействии снаряда с преградами.	Проработка аудиторных занятий, оформление практических занятий, подготовка к сдаче экзамена.	15
<b>Всего за 7 семестр</b>			<b>57</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
<b>6</b>						ДР		Колл		ДР				Колл		ДР	Вопр. Экз
<b>7</b>						ДР		Колл		ДР				Колл		ДР	Вопр. Экз

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- Колл – коллоквиум;
- Вопр. Экз – вопросы к экзамену.

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

- диагностическая 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. А. В. Бабкин, В. А. Велданов, Е. Ф. Грязнов. . Средства поражения и боеприпасы. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2008, эл. рес.
2. А. К. Ефремов. Сборник научных трудов кафедры "Автономные информационные и управляющие системы" МГТУ им. Н. Э. Баумана и ФГУП "Центральный научно-исследовательский радиотехнический институт им. академика А. И. Берга". Автономные информационные и управляющие системы. БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011, эл. рес.
3. А. П. Смирнов, Е. Б. Грецова, С. А. Карпов. . Проектирование и расчёт упругих элементов в механизмах взрывателей боеприпасов различного назначения. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016, эл. рес.
4. А. П. Смирнов, Е. Б. Грецова, С. А. Карпов ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. Теоретические основы проектирования взрывателей. Ч. 1 Силы и моменты в механизмах взрывателей при артиллерийском выстреле. БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019, 49 экз.
5. Б. Р. Андриевский, В. Ю. Емельянов, Б. Ф. Коротков. . Теория управления. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008, эл. рес.
6. Г. В. Барбашов, А. П. Смирнов. . Системы управления взрывом. Основы анализа и синтеза. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2000, 150 экз.
7. Е. В. Кульков. . Теоретические основы приборных устройств. Л.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1973, 33 экз.
8. Е. В. Чурбанов. . Краткий курс баллистики. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006, эл. рес.
9. Я. Г. Пановко. . Основы прикладной теории колебаний и удара. М.: Либроком, 2010, 10 экз.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

### 5.3. Периодические издания:

не требуются.

### 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;
4. <http://ibooks.ru> — ЭБС Айбукс.ру - это большой выбор актуальной литературы для вашей библиотеки в электронном виде;
5. <http://www.tnt-ebook.ru> — TNT-EBOOK - Электронно-библиотечная система.

### 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. Mathcad Education - University Edition Term;

2. 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. Проектор;
2. Интерактивная доска;
3. Mathcad Education - University Edition Term;
4. Microsoft Office.

### **6.3. 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 **ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВЗРЫВАТЕЛЕЙ** является дисциплиной **обязательной части 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*:

ОПК-11 Способен ориентироваться в проблемных ситуациях и решать сложные вопросы проектирования, производства, испытания и эксплуатации боеприпасов и взрывателей различного типа и назначения;

ПК-2 Способен ориентироваться в многообразии динамических воздействий на взрыватели на всех этапах их функционирования и эксплуатации, разрабатывать методики проведения испытаний образцов взрывателей.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с изучением теоретических основ функционирования типовых схем и образцов автономных информационных и управляющих систем, в том числе взрывателей для различных боеприпасов на базе сведений об особенностях динамики этих боеприпасов при выстреле, на траектории и при взаимодействии с преградами, что является основой овладения студентами навыками анализа и синтеза взрывателей как приборов управления действием боевых частей боеприпасов. Взрыватель рассматривается как типовая автономная информационная и управляющая система с высокоэнергетическими выходными импульсами. Дисциплина является основой для последующих курсов по проектированию и моделированию электромеханических взрывателей, а также для выполнения научно-исследовательской работы студентов и для выполнения курсовых и дипломного проектов.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- коллоквиум;
- вопросы к экзамену.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **6 з.е., 216 ч**. Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**68 ч.**), практические занятия (**34 ч.**), самостоятельная работа студента (**114 ч.**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 216 ч., из них 102 ч. аудиторных занятий, и 114 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. Взрыватель как автономная информационная и управляющая система.</b>		
Проработка аудиторных занятий, оформление практических занятий, подготовка к рубежной аттестации.	<p>А. В. Бабкин, В. А. Велданов, Е. Ф. Грязнов. . Средства поражения и боеприпасы: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2008 (Все главы)</p> <p>Г. В. Барбашов, А. П. Смирнов. . Системы управления взрывом. Основы анализа и синтеза: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2000 (Глава 1)</p> <p>Е. В. Кульков. . Теоретические основы приборных устройств: Л.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1973 (Глава 1)</p> <p>А. К. Ефремов. Сборник научных трудов кафедры "Автономные информационные и управляющие системы" МГТУ им. Н. Э. Баумана и ФГУП "Центральный научно-исследовательский радиотехнический институт им. академика А. И. Берга". Автономные информационные и управляющие системы: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011 (Глава 1)</p> <p>А. П. Смирнов, Е. Б. Грецова, С. А. Карпов ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. Теоретические основы проектирования взрывателей. Ч. 1 Силы и моменты в механизмах взрывателей при артиллерийском выстреле: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019 (Стр. 44-52)</p>	10
Итого по разделу 1		10
<b>Раздел 2. Основные понятия теории автоматического управления.</b>		
Проработка аудиторных занятий, оформление практических занятий, подготовка к рубежной аттестации.	<p>Б. Р. Андриевский, В. Ю. Емельянов, Б. Ф. Коротков. . Теория управления: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008 (Страницы 15-51)</p>	15
Итого по разделу 2		15
<b>Раздел 3. Силы и другие воздействия, возникающие и действующие на боеприпасы и механизмы взрывателей в служебном обращении.</b>		
Проработка аудиторных занятий, оформление практических занятий.	<p>А. В. Бабкин, В. А. Велданов, Е. Ф. Грязнов. . Средства поражения и боеприпасы: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2008 (Страницы 843-902)</p> <p>Г. В. Барбашов, А. П. Смирнов. . Системы управления взрывом. Основы анализа и синтеза: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2000 (Страницы 58-60)</p>	17
Итого по разделу 3		17
<b>Раздел 4. Элементы теории колебаний применительно к задачам, возникающим при проектировании механизмов и устройств взрывателей.</b>		

Проработка аудиторных занятий, оформление практических занятий, подготовка к сдаче экзамена.	Я. Г. Пановко. . Основы прикладной теории колебаний и удара: М.: Либроком, 2010 (Страницы 10-35) Е. В. Кульков. . Теоретические основы приборных устройств: Л.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1973 (Глава 2) А. П. Смирнов, Е. Б. Грецова, С. А. Карпов. . Проектирование и расчёт упругих элементов в механизмах взрывателей боеприпасов различного назначения: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2016 (Глава 2)	15
Итого по разделу 4		15
<b>Раздел 5. Силы инерции при выстреле.</b>		
Проработка аудиторных занятий, оформление практических занятий, подготовка к рубежной аттестации.	Г. В. Барбашов, А. П. Смирнов. . Системы управления взрывом. Основы анализа и синтеза: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2000 (Страницы 84-102) Е. В. Чурбанов. . Краткий курс баллистики: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006 (Страницы 103-206) А. В. Бабкин, В. А. Велданов, Е. Ф. Грязнов. . Средства поражения и боеприпасы: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2008 (Страницы 865-924)	15
Итого по разделу 5		15
<b>Раздел 6. Силы инерции деталей взрывателей, возникающие при сложном движении боеприпаса.</b>		
Проработка аудиторных занятий, оформление практических занятий, подготовка к рубежной аттестации.	А. В. Бабкин, В. А. Велданов, Е. Ф. Грязнов. . Средства поражения и боеприпасы: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2008 (Страницы 865-924) Г. В. Барбашов, А. П. Смирнов. . Системы управления взрывом. Основы анализа и синтеза: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2000 (Страницы 102-134)	12
Итого по разделу 6		12
<b>Раздел 7. Динамические воздействия, испытываемые боеприпасом и взрывателем на траектории.</b>		
Проработка аудиторных занятий, оформление практических занятий.	А. В. Бабкин, В. А. Велданов, Е. Ф. Грязнов. . Средства поражения и боеприпасы: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2008 (Страницы 865-924) Г. В. Барбашов, А. П. Смирнов. . Системы управления взрывом. Основы анализа и синтеза: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2000 (Страницы 58-78) Е. В. Чурбанов. . Краткий курс баллистики: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006 (Страницы 13-102)	15
Итого по разделу 7		15
<b>Раздел 8. Силы, возникающие при динамическом взаимодействии снаряда с преградами.</b>		
Проработка аудиторных занятий, оформление практических занятий, подготовка к сдаче экзамена.	Г. В. Барбашов, А. П. Смирнов. . Системы управления взрывом. Основы анализа и синтеза: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2000 (Страницы 112-143) А. В. Бабкин, В. А. Велданов, Е. Ф. Грязнов. . Средства поражения и боеприпасы: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2008 (Страницы 924-952)	15
Итого по разделу 8		15

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- коллоквиум;
- вопросы к экзамену;
- экзамен;
- 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.

#### Коллоквиум

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

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".

Ориентировочный перечень выносимых на коллоквиум:

1. Определить условия срабатывания наковального механизма центробежного типа во взрывателе к турбореактивному снаряду при следующих исходных данных:  $N=30000$  об/мин,  $I=50g$ ,  $r=3mm$ ,  $a=6mm$ .
2. Определить максимальную скорость ударника центробежного типа для заданных условий.
3. Уравнение движения (поступательное и вращательное). Определение моментов инерции различных тел.
4. Уравнение, описывающее процессы в электрическом колебательном контуре.
5. Временные, фазовые и фазово-временные диаграммы, характеризующие колебательные процессы в динамических системах.
6. Современная артиллерия. Общая характеристика. Классификация артиллерийских орудий наземной артиллерии. Тактико-технические требования к артиллерийским системам, основные боевые требования (могущество, дальность, точность стрельбы, огневая производительность, режим огня, маневренность и другие).
7. Физические основы выстрела. Влияние параметров выстрела на начальную скорость снаряда.
8. Силы инерции, возникающие при артиллерийском выстреле. Физические процессы, уравнение движения снаряда, основные формулы. Характер изменения давления, осевой перегрузки, поступательной и вращательной скоростей при движении снаряда в канале ствола. Коэффициент могущества арт. систем. Определение среднего значения осевой перегрузки при движении снаряда в



канале ствола и определение среднего времени движения снаряда в стволе орудия.

9. Определить максимальную перегрузку, возникающую при падении снаряда на чугунную плиту с высоты  $H=2\text{м}$ , время соударения с плитой  $0,2\text{ мс}$ , коэффициент восстановления при ударе  $1,0$ . Закон изменения перегрузки - прямоугольный.

10. Определить максимальное перемещение инерционного тела в простейшем инерционном механизме при ударе. Ударный импульс прямоугольной формы. Построить график  $X_{\max}=t(n_0/nm)$  при условии  $nmt_y = \text{Const}$ .

11. Определение высоты безопасного падения простейшего ИПМ исходя из условия мгновенного удара.

12. Установить связь между высотой безопасного падения, габаритами механизма (рабочий ход -а) и условиями взводимости (к-коэффициент осевой взводимости).

13. Определить максимальную перегрузку, возникающую при падении снаряда на чугунную плиту с высоты  $H=2\text{м}$ , время соударения с плитой  $0,2\text{ мс}$ , коэффициент восстановления при ударе  $1,0$ . Закон изменения перегрузки – полусинусоида.

14. Общий случай падения снаряда на упругое основание. Уравнение движения снаряда и инерционного тела и решение системы уравнений.

### Вопросы к экзамену

1. Определить условия срабатывания наковального механизма центробежного типа во взрывателе к турбореактивному снаряду при следующих исходных данных:  $N=30000\text{ об/мин}$ ,  $I=50\text{г}$ ,  $r=3\text{мм}$ ,  $a=6\text{мм}$ .

2. Определить максимальную скорость ударника центробежного типа для заданных условий.

3. Уравнение движения (поступательное и вращательное). Определение моментов инерции различных тел.

4. Уравнение, описывающее процессы в электрическом колебательном контуре.

5. Временные, фазовые и фазово-временные диаграммы, характеризующие колебательные процессы в динамических системах.

6. Современная артиллерия. Общая характеристика. Классификация артиллерийских орудий наземной артиллерии. Тактико-технические требования к артиллерийским системам, основные боевые требования (могущество, дальность, точность стрельбы, огневая производительность, режим огня, маневренность и другие).

7. Физические основы выстрела. Влияние параметров выстрела на начальную скорость снаряда.

8. Силы инерции, возникающие при артиллерийском выстреле. Физические процессы, уравнение движения снаряда, основные формулы. Характер изменения давления, осевой перегрузки, поступательной и вращательной скоростей при движении снаряда в канале ствола. Коэффициент могущества арт. систем. Определение среднего значения осевой перегрузки при движении снаряда в канале ствола и определение среднего времени движения снаряда в стволе орудия.

9. Определить максимальную перегрузку, возникающую при падении снаряда на чугунную плиту с высоты  $H=2\text{м}$ , время соударения с плитой  $0,2\text{ мс}$ , коэффициент восстановления при ударе  $1,0$ . Закон изменения перегрузки - прямоугольный.

10. Определить максимальное перемещение инерционного тела в простейшем инерционном механизме при ударе. Ударный импульс прямоугольной формы. Построить график  $X_{\max}=t(n_0/nm)$  при условии  $nmt_y = \text{Const}$ .

11. Определение высоты безопасного падения простейшего ИПМ исходя из условия мгновенного удара.

12. Установить связь между высотой безопасного падения, габаритами механизма (рабочий ход -а) и условиями взводимости (к-коэффициент осевой взводимости).

13. Определить максимальную перегрузку, возникающую при падении снаряда на чугунную плиту с высоты  $H=2\text{м}$ , время соударения с плитой  $0,2\text{ мс}$ , коэффициент восстановления при ударе  $1,0$ . Закон изменения перегрузки – полусинусоида.

14. Общий случай падения снаряда на упругое основание. Уравнение движения снаряда и инерционного тела и решение системы уравнений.

15. Решение системы уравнений по п. 26 при условии  $M \gg m$  и  $СПРЕГ > С ПРУЖ$ , где  $M$ - масса снаряда,  $m$  – масса инерционного тела взрывателя,  $СПРЕГ$ - жесткость основания преграды;  $С ПРУЖ$  – жесткость пружины инерционного механизма.

16. Вывод формулы для центробежной силы детали взрывателя произвольной формы, перемещающейся в плоскости, перпендикулярной оси снаряда. Коэффициент центробежной взводимости  $k_2$ , формула для него и характерные значения. Использование центробежной силы для построения механизмов взрывателей и ее влияние на работу этих механизмов.

17. Рассмотреть движение детали под действием центробежной силы инерции относительно оси, параллельной оси снаряда (на примере поворотной втулки механизмов ДМДВ-6).

18. Рассмотреть движение детали под действием центробежной силы инерции относительно оси, параллельной оси снаряда (на примере поворотной втулки взрывателя РГМ-2).

19. Кориолисова сила инерции. Причины возникновения. Влияние кориолисовой силы инерции на поступательное и вращательное движение детали. Примеры.

20. ИПМ простейшего типа. Определить максимальное перемещение инерционного тела под действием

ударного импульса. Определить высоту безопасного падения.

21. Определение высоты безопасного падения простейшего инерционного механизма при ударном импульсе прямоугольного типа.

22. Силы при взаимодействии боеприпаса с различными преградами. Общие зависимости сопротивления среды движению проникающего тела и ее частные случаи применительно к преградам с различными физико- механическими свойствами. Проникание снаряда в грунт, бетон, каменную кладку. Определение сил инерции, возникающих при соударении боеприпаса с грунтом.

23. Определение зависимостей между параметрами движения снаряда в преграде (в грунте).

24. Встреча снаряда с преградой. Определение максимального пути снаряда в грунте, времени движения снаряда в преграде до его остановки. и максимального ускорения снаряда в грунте.

25. Определение параметров движения при внедрении головной части артиллерийского снаряда в грунт.

26. Рикошетирование снаряда от грунта, определение сил инерции при рикошетном ударе (поперечные, осевые, касательные силы инерции).

27. Удар снаряда о воду. Основные этапы процесса соударения снаряда с водой и движения снаряда в воде. Понятие о присоединенной массе воды. Влияние скорости соударения с водой на характер удара и перегрузку при ударе. Определение параметров движения снаряда в воде. Определение установившейся скорости движения снаряда в воде.

28. Силы, действующие на взрыватель на траектории.

29. Прецессионно-нутацонное движение снаряда на траектории. Регулярная прецессия. Силы инерции.

30. Общий случай прецессионно-нутацонного движения снаряда на траектории.

31. Силы реакции и силы инерции, действующие на взрыватель на траектории.

32. Земная атмосфера и её свойства.

33. Силы реакции, действующие на мембрану головного взрывателя от воздействия набегающего воздушного потока.

34. Силы реакции, действующие на мембрану головного взрывателя, при стрельбе в дождь.

35. Силы набегаания, действующие на инерционный ударник, на траектории полета снаряда.

Коэффициент набегаания.

36. Прецессионно-нутацонное движение снаряда на траектории. Регулярная прецессия. Силы инерции.

37. Общий случай прецессионно-нутацонного движения снаряда на траектории.

38. Центробежные и касательные силы инерции, действующие на траектории.

39. Силы при взаимодействии боеприпаса с различными преградами. Общие зависимости сопротивления среды движению проникающего тела и ее частные случаи применительно к преградам с различными физико- механическими свойствами. Проникание снаряда в грунт, бетон, каменную кладку. Определение сил инерции, возникающих при соударении боеприпаса с грунтом.

40. Определение зависимостей между параметрами движения снаряда в преграде (в грунте). Установить связь между скоростью снаряда и его перемещением в грунте.

41. Березанская формула. Определение времени и ускорения (средние значения) при проникании в грунт.

42. Встреча снаряда с преградой. Определение максимального пути снаряда в грунте, времени движения снаряда в преграде до его остановки. и максимального ускорения снаряда в грунте.

43. Определение параметров движения при внедрении головной части артиллерийского снаряда в грунт. Головная часть – полусфера.

44. Определение параметров движения при внедрении головной части артиллерийского снаряда в грунт. Головная часть – конус.

45. Определение параметров движения при внедрении головной части артиллерийского снаряда в грунт. Головная часть – парабола.

46. Определение параметров движения при внедрении головной части артиллерийского снаряда в грунт. Головная часть – полуэллипс.

### **Экзамен (семестр 6)**

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

Оценка выставляется по результатам ответов на теоретические вопросы и решения практического задания 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.

### **Экзамен (семестр 7)**

Промежуточный контроль в виде экзамена в 7 семестре реализуется аналогично промежуточному контролю в 6 семестре.

Паспорт фонда оценочных средств

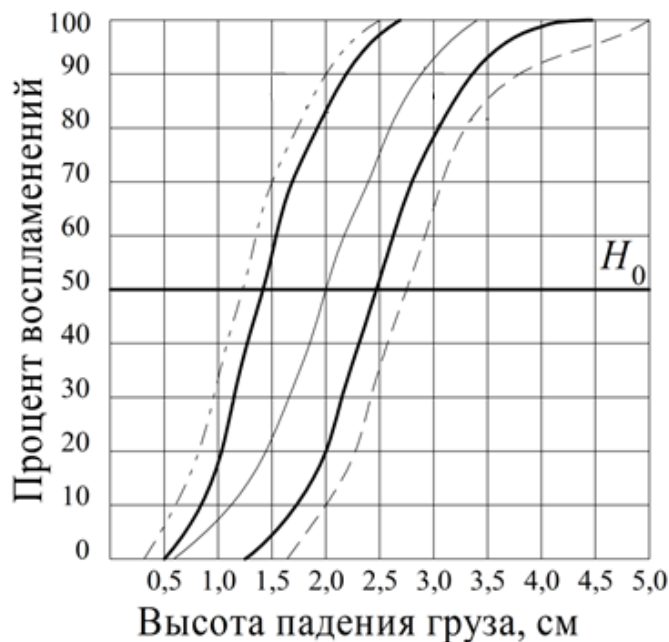
КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %		НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ОПК-11	ПК-2	
3	6	Раздел 1. Взрыватель как автономная информационная и управляющая система.	18	8	4	4	10	10	10	Коллоквиум
3	6	Раздел 2. Основные понятия теории автоматического управления.	25	10	8	2	15	20	20	Коллоквиум
3	6	Раздел 3. Силы и другие воздействия, возникающие и действующие на боеприпасы и механизмы взрывателей в служебном обращении.	35	18	12	6	17	10	10	Коллоквиум
3	6	Раздел 4. Элементы теории колебаний применительно к задачам, возникающим при проектировании механизмов и устройств взрывателей.	30	15	10	5	15	5	5	Вопросы к экзамену, Коллоквиум
Всего за 6 семестр			108	51	34	17	57	45	45	
4	7	Раздел 5. Силы инерции при выстреле.	25	10	8	2	15	20	20	Коллоквиум
4	7	Раздел 6. Силы инерции деталей взрывателей, возникающие при сложном движении боеприпаса.	30	18	12	6	12	15	15	Коллоквиум
4	7	Раздел 7. Динамические воздействия, испытываемые боеприпасом и взрывателем на траектории.	21	6	4	2	15	10	10	Вопросы к экзамену, Коллоквиум
4	7	Раздел 8. Силы, возникающие при динамическом взаимодействии снаряда с преградами.	32	17	10	7	15	10	10	Вопросы к экзамену, Коллоквиум
Всего за 7 семестр			108	51	34	17	57	55	55	
Всего по дисциплине			216	102	68	34	114	100	100	

**ОПК-11 - Способен ориентироваться в проблемных ситуациях и решать сложные вопросы проектирования, производства, испытания и эксплуатации боеприпасов и взрывателей различного типа и назначения**

№ 1 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ  
Фугасное действие боеприпасов – это...

№ 2 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ  
Коэффициент осевой взводимости показывает...

№ 3 Прочитайте текст и установите последовательность  
На рисунке представлены кривые чувствительности капсюлей-воспламенителей (КВ). Укажите их в правильной последовательности (слева-направо):



- 1) верхний предел зоны допустимой чувствительности КВ;
- 2) нижний предел зоны допустимой чувствительности КВ;
- 3) чувствительность годной партии КВ;
- 4) чувствительность негодной партии КВ с превышением допустимой зоны чувствительности;
- 5) чувствительность негодной партии КВ, находящаяся ниже допустимой зоны чувствительности.

№ 4 Прочитайте текст и установите последовательность

Поставьте в правильную последовательность расчёт **винтовой цилиндрической пружины сжатия** в предохранительном механизме (заданы контрольные высота и сопротивление, свободная высота, параметры гнезда):

- 1) определяется диаметр проволоки;
- 2) определяется максимальный наружный диаметр пружины;
- 3) рассчитывается среднее или максимальное значение сопротивления пружины при сжатии её до соприкосновения витков;
- 4) определяется максимальная высота пружины при сжатии до соприкосновения витков;
- 5) определяется среднее значение осадки пружины до контрольной высоты;

6) рассчитывается среднее количество рабочих витков пружины и далее среднее количество общего числа витков пружины;

7) вычисляется минимальное значение внутреннего диаметра, а по нему среднее значение среднего диаметра пружины;

8) устанавливаются окончательные параметры пружины и производится поверочный расчёт пружины.

№ 5 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Единицы измерения перегрузки при артиллерийском выстреле:

1) м/с;

2) м/с<sup>2</sup>;

3) безразмерная;

4) 1/с.

№ 6 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Единицы измерения коэффициента центробежной взводимости  $k_2$ :

1) безразмерный;

2) м/с<sup>2</sup>;

3) Н/м;

4) 1/мм.

№ 7 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Высота безопасного падения  $H_6$  простейшего линейно-инерционного предохранительного механизма типа «стопор – пружина» рассчитывается по следующей формуле:

$$1) H_6 = \frac{n_H \cdot a}{(1 + \beta_{БП})^2};$$

$$2) H_6 = \frac{4 \cdot k_B \cdot i \cdot n_H \cdot a}{(1 + \beta_{БП})^2};$$

$$3) H_6 = \frac{4 \cdot k_B \cdot n_H \cdot a}{(1 + \beta_{БП})^2};$$

$$4) H_6 = \frac{4 \cdot n_{ДХ} \cdot a}{(1 + \beta_{БП})^2}.$$

№ 8 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Какими характеристиками оценивается огневая производительность артиллерийского орудия:

- 1) маневренность;
- 2) живучесть;
- 3) скорострельность;
- 4) режим огня.

№ 9 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Боеприпасы, реализующие однотактную схему действия:

- 1) термобарические;
- 2) зажигательные;
- 3) объёмно-детонирующие;
- 4) бронебойные.

№ 10 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Какие взводящие факторы используются для взведения предохранительных механизмов?

Варианты ответов:

- 1) величина осевой силы инерции;
- 2) длительность действия касательной силы инерции;
- 3) длительность действия осевой силы инерции;
- 4) величина центробежной силы инерции;
- 5) величина кориолисовой сила инерции;
- 6) длительность действия кориолисовой силы инерции;
- 7) длительность действия центробежной силы инерции.

№ 11 Прочитайте текст и установите соответствие

Поставьте в соответствие формулы силы и её название:

- 1)  $S = m \cdot J$ ;
- 2)  $C = m \cdot \rho \cdot \omega^2$ ;
- 3)  $T = m \cdot \rho \cdot \varepsilon$ ;
- 4)  $K = 2 \cdot m \cdot \omega \cdot V_r \cdot \sin(\omega, V_r)$ ;

- а) касательная сила инерции;
- б) осевая сила инерции;
- в) центробежная сила инерции;
- г) кориолисова сила инерции.

№ 12 Прочитайте текст и установите соответствие

Поставьте в соответствие типы боеприпасов и соответствующие им величины перегрузок при выстреле, пуске (коэффициент  $k_1$ ):

- 1) артиллерийские боеприпасы крупного калибра;
- 2) артиллерийские боеприпасы среднего калибра;

3) артиллерийские боеприпасы малого калибра;

4) реактивные снаряды;

а) 400 – 10 000;

б) 10 – 200;

в) 10 000 – 30 000;

г) 30 000 – 50 000.

**ПК-2 - Способен ориентироваться в многообразии динамических воздействий на взрыватели на всех этапах их функционирования и эксплуатации, разрабатывать методики проведения испытаний образцов взрывателей**

№ 1 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

При стрельбе в дождь взрыватель встречается с каплями дождя диаметром, мм:

1) 0,1 – 0,5;

2) 0,5 – 2;

3) 2 – 4;

4) 4 – 8.

№ 2 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Высота безопасного падения  $H_6$  линейно-инерционного предохранительного механизма типа с зигзагообразным пазом рассчитывается по следующей формуле:

$$1) H_6 = \frac{n_H \cdot a}{(1 + \beta_{БП})^2};$$

$$2) H_6 = \frac{4 \cdot k_B \cdot i \cdot n_H \cdot a}{(1 + \beta_{БП})^2};$$

$$3) H_6 = \frac{4 \cdot k_B \cdot n_H \cdot a}{(1 + \beta_{БП})^2};$$

$$4) H_6 = \frac{4 \cdot n_{ДХ} \cdot a}{(1 + \beta_{БП})^2}.$$

№ 3 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Осколочное действие боеприпасов – это...

№ 4 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Выберите правильные формы записи закона Гука:



$$1) F = k \cdot \Delta l;$$

$$2) \sigma = E \cdot \varepsilon;$$

$$3) k = \frac{E \cdot S}{l};$$

$$4) \varepsilon = \frac{\Delta l}{l}.$$

№ 5 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Какие графические решения соответствуют данному дифференциальному уравнению?

$$\ddot{x} + k^2 \cdot x = 0.$$

№ 6 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Температурный режим эксплуатации взрывателей артиллерийских БП лежит в пределах, °С:

1) от -60 до +85;

2) от -40 до 50;

3) от -60 до + 60;

4) от -80 до +85.

№ 7 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

По каким причинам во взрывателях к боеприпасам крупного калибра поставили предохранительно-детонирующее устройство с часовым механизмом без возвращающей силы вместо пиротехнического:

1) большой разброс скоростей выстрела, из-за чего получался очень большой разброс между нижним и верхним пределами дальнего взведения взрывателя;

2) взрыватели рассчитаны на взведение при выстреле из гладкоствольных систем, из-за чего нет возможности поставить центробежные стопора и обеспечить поворот втулки за счёт только момента центробежной силы;

3) часовой механизм без возвращающей силы обладает свойством «авторегулирования» дистанции дальнего взведения

4) взрыватели рассчитаны на стрельбу боеприпасами на переменных зарядах.

№ 8 Прочитайте текст и установите соответствие

Поставьте в соответствие силу, действующую на деталь взрывателя, и причину её возникновения:

1) осевая сила инерции;

2) центробежная сила инерции;

3) касательная сила инерции;

4) кориолисова сила инерции;

а) изменение линейной скорости движения боеприпаса;

б) наличие относительной скорости перемещения детали взрывателя во вращающемся боеприпасе;

в) изменение угловой скорости вращения боеприпаса;

г) наличие угловой скорости вращения боеприпаса.

№ 9 Прочитайте текст и установите соответствие

Поставьте в соответствие ориентировочные времена срабатывания отдельных узлов и сами узлы:

1) сотни мкс;

2) несколько мс;

3) несколько десятков мс;

4) сотни мс – десятки секунд;

а) инерционный ударный механизм;

б) реакционный ударный механизм;

в) пиротехнический замедлитель взрывателя к авиабомбам;

г) пиротехнический замедлитель артиллерийского взрывателя.

№ 10 Прочитайте текст и установите последовательность

Выставьте в правильной последовательности этапы выстрела артиллерийского боеприпаса (движения боеприпаса в канале ствола):

1) врезание ведущего пояска БП в каналы нареза ствола;

2) последствие пороховых газов;

3) движение БП по мере сгорания порохового заряда до его полного сгорания;

4) движение БП после полного сгорания порохового заряда в гильзе БП.

№ 11 Прочитайте текст и установите последовательность

Поставьте в правильную последовательность этапы проникания и движения боеприпаса в преграде:

1) сопротивление прониканию начинает падать. Частицы среды перестраивают свое течение таким образом, чтобы, двигаясь по линиям наименьшего сопротивления, замкнуть свои траектории на свободную тыльную поверхность;

2) возникает ударная волна, напряжения в которой превышают предел текучести, а частицы среды стремительно разгоняются;

3) ударная волна распадается на упругий предвестник и пластическую волну;

4) в материалах с фазовым переходом при соответствующих условиях образуется вторая пластическая волна, а картина течения закономерно усложняется;

5) пластическая волна размывается и отстает от упругого предвестника, картина течения среды в толще преграды устанавливается;

6) выпучина образуется и развивается до тех пор, пока материал может деформироваться без нарушения сплошности. Далее в ее вершине возникают разрывы, и снаряд, раздвигая оставшийся слой плиты, проходит насквозь.

№ 12 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Единицы измерения коэффициента осевой взводимости  $k_1$ :

1) безразмерный;

2) м/с<sup>2</sup>;

3) Н/м;

4) 1/мм.