

УТВЕРЖДАЮ  
 Декан факультета

\_\_\_\_\_ Знаменский Е.А.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ БОЕПРИПАСОВ

Направление/специальность подготовки	17.05.01 Боеприпасы и взрыватели
Специализация/профиль/программа подготовки	Информационные технологии проектирования боеприпасов и взрывателей
Уровень высшего образования	Специалитет
Форма обучения	Очная
Факультет	Е Оружие и системы вооружения
Выпускающая кафедра	ЕЗ СРЕДСТВА ПОРАЖЕНИЯ И БОЕПРИПАСЫ
Кафедра-разработчик рабочей программы	ЕЗ СРЕДСТВА ПОРАЖЕНИЯ И БОЕПРИПАСЫ

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	10	4	144	68	34	34	0	76	36	0	40	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: 2025

Программу составил:

Кафедра ЕЗ СРЕДСТВА ПОРАЖЕНИЯ И БОЕПРИПАСЫ  
Никулин Евгений Николаевич, д.т.н., профессор, профессор

\_\_\_\_\_

Программа рассмотрена  
на заседании кафедры-разработчика  
рабочей программы **ЕЗ СРЕДСТВА ПОРАЖЕНИЯ И БОЕПРИПАСЫ**

Заведующий кафедрой Знаменский Е.А., к.т.н., доц.

\_\_\_\_\_

Программа рассмотрена  
на заседании выпускающей кафедры

**ЕЗ СРЕДСТВА ПОРАЖЕНИЯ И БОЕПРИПАСЫ**

Заведующий кафедрой Знаменский Е.А., к.т.н., доц.

\_\_\_\_\_

# **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

## **АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ БОЕПРИПАСОВ**

### **Разделы рабочей программы**

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

### **Приложения к рабочей программе дисциплины**

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

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПК-6 — Способен применять основные методы оптимального проектирования конструкций и реализовывать процесс проектирования боеприпасов и взрывателей в рамках развитых систем автоматизированного проектирования и интегрированных компьютерных сред сопровождения жизненного цикла изделий

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### **ПК-6**

*знания:*

Этапы проектирования и жизненного цикла боеприпасов. Методы параметрической оптимизации, критерии оптимальности и постановки задач оптимизации применительно к изделиям предметной области;

*умения:*

Формулировать постановку задачи оптимального проектирования, обосновывать общие и частные критерии оптимизации. Записывать вектор ограничений с учетом особенностей постановки задачи. Выбирать метод оптимизации;

*навыки:*

Использовать специализированное программное обеспечение анализа и синтеза боеприпасов и интегрированные компьютерные среды сопровождения жизненного цикла изделий.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ БОЕПРИПАСОВ** 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: **ИНЖЕНЕРНАЯ И КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА, СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ, ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА СРЕДСТВ ПОРАЖЕНИЯ И БОЕПРИПАСОВ, ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА, ПРИКЛАДНАЯ МЕХАНИКА СПЛОШНЫХ СРЕД, ФИЗИКА ВЗРЫВА И УДАРА, ОСНОВЫ БАЛЛИСТИКИ И АЭРОДИНАМИКИ СРЕДСТВ ПОРАЖЕНИЯ, СИСТЕМНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ БОЕПРИПАСОВ И ВЗРЫВАТЕЛЕЙ.**

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ПРЕДДИПЛОМНАЯ ПРАКТИКА, ВЫПОЛНЕНИЕ, ПОДГОТОВКА К ПРОЦЕДУРЕ ЗАЩИТЫ И ЗАЩИТА ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ.**

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- 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-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
- ПК-1 — Способен ориентироваться в многообразии современных образцов боеприпасов, взрывателей, систем артиллерийского и ракетного вооружения, демонстрировать знание их технических характеристик и конструктивных особенностей, применяемых материалов и технологий
- ПК-2 — Способен осуществлять профессиональную деятельность и применять методы математического моделирования боевой эффективности, надежности, баллистики, аэродинамики, взрыва, высокоскоростного удара, кумуляции, напряженно-деформированного состояния и разрушения конструкций боеприпасов, а также сопутствующих взрывных технологий и технологий двойного назначения
- ПК-6 — Способен применять основные методы оптимального проектирования конструкций и реализовывать процесс проектирования боеприпасов и взрывателей в рамках развитых систем автоматизированного проектирования и интегрированных компьютерных сред сопровождения жизненного цикла изделий

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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

#### 3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %
				ВСЕГО	Лекции	Лабораторный практикум		ПК-6
5	10	<b>Раздел 1. Автоматизированное проектирование боеприпасов ствольной артиллерии.</b> 1.1. Постановка задачи эскизного проектирования боеприпасов ствольной артиллерии, особенности математического описания функционирования боеприпасов на эскизном уровне. 1.2. Модульный анализ, машинная реализация задачи обоснования облика снаряда, блок-схема алгоритма.	62	24	4	20	38	10
5	10	<b>Раздел 2. Особенности автоматизированного проектирования противотанковых средств ближнего боя.</b> 2.1. Историческая справка. Особенности функционирования и конструкции. Классификация баллистических схем запуска. 2.2. Внутренняя баллистика гранатометов с реактивной схемой запуска. 2.3. Постановка задачи и алгоритм определения основных конструктивных параметров гранатометных выстрелов при заданном калибре, при заданной длине заряда. Пример.	24	12	6	6	12	20
5	10	<b>Раздел 3. Проектирования активно-реактивных снарядов (АРС) в автоматизированном режиме.</b> 3.1. Особенности функционирования и конструкции. 3.2. Основные конструктивные параметры АРС. 3.3. Постановка задачи и алгоритм оптимизации основных конструктивных параметров АРС.	22	12	6	6	10	25
5	10	<b>Раздел 4. Особенности баллистического и эскизного проектирования Авиационных бомб (АБ).</b> 4.1. Особенности конструкции АБ. Постановка задачи баллистического проектирования АБ. Модульный анализ. 4.2. Постановка задачи эскизного проектирования АБ на примере зажигательных авиабомб (ЗАБ). Модульный анализ. Определение параметров надсмесового объема ЗАБ.	8	4	4	0	4	5
5	10	<b>Раздел 5. Эскизное проектирование боеприпасов реактивной артиллерии.</b> 5.1 Прочностные расчеты цилиндрических оболочек. Расчет резьбовых соединений. 5.2. Расчет тепловых нагрузок. Предельное время работы двигателя без теплозащитного покрытия (ТЗП). 5.3. Расчет необходимой толщины сублимирующего ТЗП. Расчет необходимой толщины коксующегося ТЗП.	10	6	6	0	4	20
5	10	<b>Раздел 6. Общие вопросы проектирования боеприпасов ствольной и реактивной артиллерии.</b> 6.1. Макро описание процесса проектирования боеприпасов. Принятие решений в условиях неопределенности. 6.2. Алгоритм системного анализа. 6.3. Теоретико-множественная постановка задачи проектирования. 6.4. Оценка качества артиллерийского комплекса по совокупности макро свойств.	18	10	8	2	8	20
Всего за 10 семестр			144	68	34	34	76	100
Всего по дисциплине			144	68	34	34	76	100

#### 3.2. Лабораторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного практикума	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Автоматизированное проектирование боеприпасов ствольной артиллерии.	Занятие 1. Изучение программного обеспечения и подготовка исходных данных Занятие 2. Параметрический анализ обоснования облика ОФС: анализ влияния длины головной части (R8), толщины (R20) и диаметра (R19) дна снаряда. Занятие 3. Параметрический анализ обоснования облика ОФС: анализ влияния конусной части камеры снаряда (R18), внутреннего диаметра камеры снаряда (R14). Занятие 4. Анализ чувствительности выходных характеристик (устойчивость на полете, дальность стрельбы) к изменению основных параметров. Занятие 5 Анализ чувствительности выходных характеристик (абсолютный прогиб под пояском, условие не заклинивания снаряда в стволе) к изменению основных параметров. Занятие 6. Оптимизация облика снаряда по различным критериям: коэффициент наполнения, дальность стрельбы - с использованием регулярных и стохастических поисковых процедур Занятие 7. Оптимизация облика снаряда по различным критериям: коэффициент наполнения, дальность стрельбы - с использованием регулярных и стохастических поисковых процедур (продолжение) Занятие 8. Принятие решения по конструкции: обоснование выбора конструктивных элементов, расчет массовых и динамических характеристик снаряда в среде Solid works, Kompas. Занятие 9, 10. Поверочные расчеты:	20

		прочностные (в среде Ansys), внешне баллистические расчеты и расчеты на эффективность действия (с использованием прикладного программного обеспечения САПР кафедры).	
2	Раздел 2. Особенности автоматизированного проектирования противотанковых средств ближнего боя.	Занятие 1. Параметрический анализ гранатометного выстрела с активно-реактивной схемой пуска. Занятие 2. Параметрический анализ гранатометного выстрела с реактивной схемой пуска. Занятие 3. Параметрический анализ гранатометного выстрела с малым демаскирующим действием.	6
3	Раздел 3. Проектирования активно-реактивных снарядов (АРС) в автоматизированном режиме.	Занятие 1. Знакомство с программным обеспечением Занятие 2. Параметрический анализ баллистического проектирования АРС Занятие 3. Многопараметрический синтез баллистического решения АРС.	6
4	Раздел 6. Общие вопросы проектирования боеприпасов ствольной и реактивной артиллерии.	Принятие решения в условиях многокритериальности. Метод уступок (на примере обоснования облика осколочно-фугасного снаряда)	2
<b>Всего за 10 семестр</b>			<b>34</b>

### 3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Автоматизированное проектирование боеприпасов ствольной артиллерии.	Выполнение курсового проекта	18
2		Подготовка к восприятию материала, связанного с эскизным проектированием боеприпасов ствольной артиллерии.	20
3	Раздел 2. Особенности автоматизированного проектирования противотанковых средств ближнего боя.	Подготовка к восприятию материала, связанного с особенностями устройства, действия и проектирования реактивных противотанковых гранат. Обратит внимание на постановку задачи баллистического проектирования и различные схемы запуска современных образцов	6
4		Выполнение курсового проекта	6
5	Раздел 3. Проектирования активно-реактивных снарядов (АРС) в автоматизированном режиме.	Подготовка к восприятию материала, связанного с баллистическим проектированием активно-реактивных снарядов. Обратит внимание на конструктивные параметры и характеристики современных АРС, постановку задачи баллистического проектирования по различным критериям и особенности ее решения.	6
6		Выполнение курсового проекта	4
7	Раздел 4. Особенности баллистического и эскизного проектирования Авиационных бомб (АБ).	Подготовка к восприятию материала, связанного с особенностями баллистического и эскизного проектирования авиационных бомб. Обратит внимание на конструктивные особенности, параметры и характеристики современных образцов, постановку задачи на баллистическое и эскизное проектирование, а также на содержание банка модулей при решении этих задач в автоматизированном режиме.	2
8		Выполнение курсового проекта	2
9	Раздел 5. Эскизное проектирование	Подготовка к восприятию материала, связанного с особенностями эскизного проектирования НРС. Обратит внимание на	2

	боеприпасов реактивной артиллерии.	особенности и отличия баллистического и эскизного этапов проектирования боеприпасов реактивной и ствольной артиллерии.	
10		Выполнение курсового проекта	2
11	Раздел 6. Общие вопросы проектирования боеприпасов ствольной и реактивной артиллерии.	Подготовка к восприятию материала, связанного с общими вопросами проектирования боеприпасов ствольной и реактивной артиллерии. Обратит внимание на многокритериальность этих задач и методы их решения в условиях неопределенности.	4
12		Выполнение курсового проекта	4
Всего за 10 семестр			76

### 3.4. Курсовой проект

СОДЕРЖАНИЕ ЭТАПА	ПЕРИОД ИСПОЛНЕНИЯ (недели семестра)	ПЛАНИРУЕМОЕ ВРЕМЯ (час)
Этап 1. Параметрический анализ обоснования облика ОФС	1 - 5	8
Этап 2. Формирование вектора оптимизируемых параметров на основе результатов анализа чувствительности выходных характеристик (устойчивость на полете, дальность стрельбы, абсолютный прогиб под пояском, условие не заклинивания снаряда в стволе) к изменению основных параметров.	6 - 8	8
Этап 3. Синтез облика снаряда по различным критериям: к-т наполнения, дальность (эскизное проектирование). Реализация метода уступок.	9 - 10	6
Этап 4. Принятие решения по конструкции (рабочее проектирование) и поверочные расчеты	11 - 13	6
Этап 5. Написание пояснительной записки, изготовление эскизов чертежей для механического завода и для полигона. Норм контроль	14 - 15	6
Этап 6. Защита курсового проекта	16 - 17	2
<b>Всего за 10 семестр</b>		<b>36</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
10				Колл		ДР			Колл	ДР					Колл	ДР	Вопр. Экз, КП

Условные обозначения:

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

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

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

**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. В. Лотов, И. И. Пospelова. . Многокритериальные задачи принятия решений. М.: МАКС Пресс, 2008, эл. рес.
3. В. В. Шикурин. . Системы автоматизированного проектирования средств поражения. СПб.: Изд-во БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2022, 27 экз.
4. В. В. Шкварцов. . Основы автоматизированного проектирования летательных аппаратов. Л.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1987, 63 экз.
5. В. В. Шкварцов. . Алгоритм оптимального проектирования. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014, 15 экз.
6. Е. Н. Никулин, В. Ф. Руссков, И. А. Семёнов. . Средства ближнего боя. Ручные гранатомёты. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008, 50 экз.
7. М. Я. Водопьянов. . Теория и расчёт артиллерийских снарядов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2002, 49 экз.
8. Я. М. Шапиро, Г. Ю. Мазинг, М. Е. Прудников. . Основы проектирования ракет на твёрдом топливе. М.: Воениздат, 1968, 114 экз.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

1. Р. Штойер. . Многокритериальная оптимизация. Теория, вычисления и приложения. М.: Радио и связь, 1992, 2 экз.

### 5.3. Периодические издания:

1. Вестник академии военных наук.

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

1. <https://e.lanbook.com/> — ЭБС Лань;
2. <http://www.tnt-ebook.ru/> — TNT-EBOOK - Электронно-библиотечная система;
3. <https://ibooks.ru/> — ЭБС Айбукс.ру - это большой выбор актуальной литературы для вашей библиотеки в электронном виде;
4. [http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=474](http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=474) — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
5. <https://urait.ru/> — Главная – Образовательная платформа Юрайт. Для вузов и ссузов..

### Современные профессиональные базы данных:

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

### Информационные справочные системы:

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

### 5.5. Программное обеспечение:

не требуется.

### 5.6. Информационные технологии:

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

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

### **6.1. Лекционные занятия:**

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

### **6.2. Лабораторные занятия:**

1. Интерактивная доска;
2. Проектор;
3. Образцы высокоточного управляемого оружия (ПТУР различных поколений);
4. Комплект учебных плакатов по специзделиям.

### **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 **АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ БОЕПРИПАСОВ** 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 *ЕЗ СРЕДСТВА ПОРАЖЕНИЯ И БОЕПРИПАСЫ*.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПК-6 Способен применять основные методы оптимального проектирования конструкций и реализовывать процесс проектирования боеприпасов и взрывателей в рамках развитых систем автоматизированного проектирования и интегрированных компьютерных сред сопровождения жизненного цикла изделий.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с автоматизированным проектированием на функциональном уровне газодинамических импульсных устройств, под которыми понимаются боеприпасы ствольной и реактивной артиллерии, средства ближнего боя и авиационные боеприпасы, в среде САПР.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

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

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен.

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

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

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

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

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

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

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
<b>Раздел 1. Автоматизированное проектирование боеприпасов ствольной артиллерии.</b>		
Выполнение курсового проекта	В. В. Шкварцов. . Основы автоматизированного проектирования летательных аппаратов: Л.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1987 (1)	18
Подготовка к восприятию материала, связанного с эскизным проектированием боеприпасов ствольной артиллерии.	М. Я. Водопьянов. . Теория и расчёт артиллерийских снарядов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2002 (1) В. В. Шикурин. . Системы автоматизированного проектирования средств поражения: СПб.: Изд-во БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2022 (1) В. В. Шкварцов. . Алгоритм оптимального проектирования: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (1)	20
Итого по разделу 1		38
<b>Раздел 2. Особенности автоматизированного проектирования противотанковых средств ближнего боя.</b>		
Подготовка к восприятию материала, связанного с особенностями устройства, действия и проектирования реактивных противотанковых гранат. Обратит внимание на постановку задачи баллистического проектирования и различные схемы запуска современных образцов	Е. Н. Никулин, В. Ф. Руссков, И. А. Семёнов. . Средства ближнего боя. Ручные гранатомёты: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008 (3)	6
Выполнение курсового проекта		6
Итого по разделу 2		12
<b>Раздел 3. Проектирования активно-реактивных снарядов (АРС) в автоматизированном режиме.</b>		
Подготовка к восприятию материала, связанного с	Я. М. Шапиро, Г. Ю.	6

баллистическим проектированием активно-реактивных снарядов. Обратить внимание на конструктивные параметры и характеристики современных АРС, постановку задачи баллистического проектирования по различным критериям и особенности ее решения.	Мазинг, М. Е. Прудников. . Основы проектирования ракет на твёрдом топливе: М.: Воениздат, 1968 (1-3)	
Выполнение курсового проекта		4
Итого по разделу 3		10
<b>Раздел 4. Особенности баллистического и эскизного проектирования Авиационных бомб (АБ).</b>		
Подготовка к восприятию материала, связанного с особенностями баллистического и эскизного проектирования авиационных бомб. Обратить внимание на конструктивные особенности, параметры и характеристики современных образцов, постановку задачи на баллистическое и эскизное проектирование, а также на содержание банка модулей при решении этих задач в автоматизированном режиме.	А. В. Бабкин, В. А. Велданов, Е. Ф. Грязнов. . Средства поражения и боеприпасы: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2008 (3.9, 9.6)	2
Выполнение курсового проекта		2
Итого по разделу 4		4
<b>Раздел 5. Эскизное проектирование боеприпасов реактивной артиллерии.</b>		
Подготовка к восприятию материала, связанного с особенностями эскизного проектирования НРС. Обратить внимание на особенности и отличия баллистического и эскизного этапов проектирования боеприпасов реактивной и ствольной артиллерии.	Я. М. Шапиро, Г. Ю. Мазинг, М. Е. Прудников. . Основы проектирования ракет на твёрдом топливе: М.: Воениздат, 1968 (10)	2
Выполнение курсового проекта		2
Итого по разделу 5		4
<b>Раздел 6. Общие вопросы проектирования боеприпасов ствольной и реактивной артиллерии.</b>		
Подготовка к восприятию материала, связанного с общими вопросами проектирования боеприпасов ствольной и реактивной артиллерии. Обратить внимание на многокритериальность этих задач и методы их решения в условиях неопределенности.	Р. Штойер. . Многокритериальная оптимизация. Теория, вычисления и приложения: М.: Радио и связь, 1992 (1) А. В. Лотов, И. И. Поспелова. . Многокритериальные задачи принятия решений: М.: МАКС Пресс, 2008 (1-3)	4
Выполнение курсового проекта		4
Итого по разделу 6		8

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- коллоквиум;
- курсовой проект;
- 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.

#### Коллоквиум

Проводится по результатам прошедших тем. Аттестовывается студент, обнаруживший знание основного пройденного учебного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы.

#### Курсовой проект

Курсовой проект представляется в печатной форме. Защита курсового проекта проходит в форме доклада студента по выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя.

Критерии оценивания курсового проекта:

- соответствие содержания заявленной теме, отсутствие в тексте отступлений от темы;
- соответствие целям и задачам дисциплины;
- постановка проблемы, корректное изложение смысла основных научных идей, их теоретическое обоснование и объяснение;
- логичность и последовательность в изложении материала;
- способность к работе с литературными источниками, Интернет-ресурсами, справочной и энциклопедической литературой;
- объем исследованной литературы и других источников информации;
- владение иностранными языками, использование иностранных источников;
- способность к анализу и обобщению информационного материала, степень полноты обзора состояния вопроса;
- умение извлекать информацию, соответствующую поставленной цели, и перераспределять информацию;
- навыки планирования и управления временем при выполнении работы;
- обоснованность выводов;
- наличие авторской аннотации к реферату;
- правильность оформления (соответствие стандарту, структурная упорядоченность, ссылки, цитаты, таблицы и т.д.);
- соблюдение объема, шрифтов, интервалов (соответствие оформления правилам компьютерного набора текста).

Защита курсового проекта оценивается оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» и «не защитил».

Основой для определения оценки служит уровень усвоения студентом материала, предусмотренного учебной программой дисциплины.

- оценки «отлично» по итогам защиты курсового проекта заслуживает студент, обнаруживший при ответах на вопросы всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно-программного материала, выполнивший курсовой проект без ошибок и в полном объеме, представивший пояснительную записку оформленную в соответствии с действующими требованиями;
- оценки «хорошо» по итогам защиты курсового проекта заслуживает студент, обнаруживший полное знание учебно-программного материала, выполнивший курсовой проект без ошибок и в полном объеме, представивший пояснительную записку содержащую незначительные отступления от действующих требований и погрешности оформления;
- оценки «удовлетворительно» по итогам защиты курсового проекта заслуживает студент,

обнаруживший знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, выполнивший курсовой проект без ошибок и в полном объеме, представивший пояснительную записку содержащую серьезные отступления от действующих требований и существенные погрешности оформления;

– оценка «не защитил» по итогам защиты курсового проекта выставляется студенту, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебно-программного материала и материалов представленной им курсовой работы, допустившему принципиальные ошибки при ответах на вопросы преподавателя. Как правило, оценка «не защитил» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании БГТУ без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

Курсовой проект не может быть принят к защите в следующих случаях:

- несоответствие варианта задания, наличие ошибок в расчетах;
- низкое качество графического материала пояснительной записки (неверный выбор масштаба чертежей, отсутствие указания единиц измерения на графиках);
- отсутствие необходимых разделов;
- отсутствие необходимого графического материала;
- и т.п.

### **Вопросы к экзамену**

Раздел 1. Автоматизированное проектирование боеприпасов ствольной артиллерии.

1. Постановка задачи выбора оптимального облика ОФС (эскизный уровень).
2. Назовите основные особенности математического описания функционирования ОФС на эскизном уровне.
3. Обоснуйте вектор оптимизируемых параметров при формировании облика ОФС.
4. Обоснуйте вектор ограничений при формировании облика ОФС.
5. Предложите ряд критериев в качестве целевой функции при формировании облика ОФС.
6. Обоснуйте минимальный набор модулей для решения задачи оптимизации облика ОФС.
7. Предложите алгоритм (блок-схему) решения задачи оптимизации облика ОФС.
8. Дайте понятие расчетной массы корпуса ОФС.
9. Как отличается чертежная масса корпуса ОФС от расчетной?
10. Понятие предельно возможного допуска на массу корпуса снаряда.
11. Экономически выгодный допуск на массу снаряда.
12. Проблема неисправимого брака по массе для ОФС, для бронебойных снарядов.
13. Изобразите эпюру массовых допусков на корпус ОФС.
14. Как влияет качество станочного парка на экономически выгодный допуск?
15. Как влияет качество на свободные размеры на количество неисправимого брака?
16. Как определить себестоимость единицы продукции с учетом исправимого и неисправимого брака на корпус ОФС?
17. Как рассчитать количество исправимого брака при смещении поля допуска?
18. Постановка задачи обоснования размерных и массовых допусков при изготовлении корпуса ОФС, модульный анализ.

Раздел 2. Особенности автоматизированного проектирования противотанковых средств ближнего боя.

1. Когда появились противотанковые средства ближнего боя?
2. Особенности функционирования и конструкции противотанковых реактивных гранат (ПГ).
3. Особенности функционирования и конструкции ПТУРС.
4. Особенности постановки задачи баллистического проектирования ПГ.
5. В чем основной недостаток конструкции оптимального по  $V_{max}$  варианта ПГ?
6. В чем особенности алгоритма определения основных конструктивных параметров рационального варианта ПГ?
7. Классификация баллистических схем пуска ПГ.
8. Особенности реактивной схемы пуска.
9. Особенности активно-реактивной схемы пуска
10. Особенности конструкции ПГ с малым демаскирующим действием.

Раздел 3. Проектирование активно-реактивных снарядов (АРС) в автоматизированном режиме.

1. В чем основные особенности функционирования и конструкции активно-реактивных снарядов (АРС)?
2. Как меняется скорость АРС на полете?
3. В каких точках траектории и почему необходимо проверять устойчивость АРС на полете?
4. В каких точках траектории и почему необходимо проверять направленность АРС на полете?
5. Перечислите основные конструктивные параметры АРС.
6. Сформулируйте постановку задачи баллистического проектирования АРС по критерию максимальной дальности стрельбы, по критерию максимальной кучности стрельбы.



7. Особенности алгоритма баллистического проектирования АРС. Блок схема выбора оптимального варианта.

Раздел 4. Особенности баллистического и эскизного проектирования Авиационных бомб (АБ).

1. Сформулируйте задачу минимизации наряда средств при обосновании калибра авиационных бомб (АБ).

2. Обоснуйте стоимостной критерий при выборе калибра АБ.

3. В чем особенность конструкции и функционирования зажигательных авиационных боеприпасов (ЗАБ) при их транспортировке на внешней подвеске самолета носителя?

4. Постановка задачи выбора оптимальных конструктивных параметров ЗАБ на эскизном уровне.

Вектор оптимизируемых параметров, вектор ограничений, модульный анализ.

Раздел 5. Эскизное проектирование боеприпасов реактивной артиллерии.

1. В течение какого времени (в среднем) боевая часть и стенки двигателя НРС (АРС) подвергаются интенсивному тепловому воздействию?

2. В чем основные особенности теплообмена в высокоскоростных потоках?

3. В чем основные положения аналогии Рейнольдса?

4. В чем физический смысл критерия Прандтля?, критерия Стантона?

5. Что такое температура восстановления?

6. Когда необходимо учитывать лучистую составляющую в коэффициенте теплоотдачи?

7. Как учитывать тепловое состояние конструкции при оценке ее прочности?

8. Как определить расчетную нагрузку при обосновании параметров резьбовых соединений реактивных снарядов?

9. Сформулируйте задачу обоснования облика НРС на эскизном уровне.

10. Сформируйте систему ограничений при обосновании облика НРС на эскизном уровне.

11. Сформируйте вектор ситуаций при обосновании облика НРС на эскизном уровне.

12. Сформируйте вектор оптимизируемых параметров при обосновании облика НРС на эскизном уровне.

13. Предложите критерии оптимизации, целевую функцию при обосновании облика НРС на эскизном уровне.

14. Обоснуйте банк модулей при формировании облика НРС на эскизном уровне..

15. Особенности реализации машинных алгоритмов.

Раздел 6. Общие вопросы проектирования боеприпасов ствольной и реактивной артиллерии.

1. Назовите основные этапы жизненного цикла БП.

2. В чем основная проблема согласования ТЗ на разработку БП?

3. Возможно ли формализовать эвристические функции разработчика БП?

4. Назовите основные способы интенсификации изобретательской деятельности.

5. Приведите примеры использования декомпозиции и агрегирования, как основных приемов исследования сложных систем, при разработке боеприпасов ствольной и реактивной артиллерии.

6. Назовите особенности машинной реализации методов решения задач линейного и нелинейного программирования.

7. В чем основное достоинство стохастических поисковых процедур над регулярными методами?

8. Какой элемент называют максимальным элементом на множестве альтернатив?

9. Какой элемент называют наилучшим элементом на множестве альтернатив?

10. Что понимается под задачей проектирования на языке теории множеств?

11. Назовите систему макросвойств, характеризующих качество арт.комплекса и БП.

12. Назовите способы скаляризации показателя эффективности арт.комплекса и БП.

13. Приведите примеры аналитической свертки интегрального показателя качества образца ВВТ от системы базовых свойств.

14. Приведите пример использования встроенных характеристик макросвойств для оценки качества артиллерийского комплекса в целом.

### Экзамен

Для получения оценки студент устно отвечает на 3 вопроса из различных разделов РПД.

Количество правильных ответов определяет итоговую оценку:

1. Ни одного правильного ответа - оценка "неудовлетворительно".

2. Один правильный ответ - оценка "удовлетворительно"

3. Два правильных ответа - оценка "хорошо"

4. Три правильных ответа - оценка "отлично"

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		ПК-6	
5	10	Раздел 1. Автоматизированное проектирование боеприпасов ствольной артиллерии.	62	24	4	20	38	10	Курсовой проект, Вопросы к экзамену, Коллоквиум
5	10	Раздел 2. Особенности автоматизированного проектирования противотанковых средств ближнего боя.	24	12	6	6	12	20	Курсовой проект, Вопросы к экзамену, Коллоквиум
5	10	Раздел 3. Проектирования активно-реактивных снарядов (АРС) в автоматизированном режиме.	22	12	6	6	10	25	Курсовой проект, Вопросы к экзамену, Коллоквиум
5	10	Раздел 4. Особенности баллистического и эскизного проектирования Авиационных бомб (АБ).	8	4	4	0	4	5	Курсовой проект, Вопросы к экзамену, Коллоквиум
5	10	Раздел 5. Эскизное проектирование боеприпасов реактивной артиллерии.	10	6	6	0	4	20	Курсовой проект, Вопросы к экзамену, Коллоквиум
5	10	Раздел 6. Общие вопросы проектирования боеприпасов ствольной и реактивной артиллерии.	18	10	8	2	8	20	Курсовой проект, Вопросы к экзамену, Коллоквиум
Всего за 10 семестр			144	68	34	34	76	100	
Всего по дисциплине			144	68	34	34	76	100	

## Оценочные материалы по дисциплине АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ БОЕПРИПАСОВ

**ПК-6 - Способен применять основные методы оптимального проектирования конструкций и реализовывать процесс проектирования боеприпасов и взрывателей в рамках развитых систем автоматизированного проектирования и интегрированных компьютерных сред сопровождения жизненного цикла изделий**

№ 1 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Параметр Победоносцева это

№ 2 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Параметром эрозионного горения топлива это

№ 3 Прочитайте текст и установите соответствие

Перед вами наименования задач, сопоставьте их с описанием:

1. Задача оптимизации параметров

2. Задача оптимизации структуры

3. Задача принципа действия

А Выбор оптимальных параметров, характеризующих определённую конструктивную схему изделия

Б Выбор оптимальной структуры или конструктивной схемы из ряда структур с оптимальными параметрами

В Выбор оптимального принципа действия системы

№ 4 Прочитайте текст и установите соответствие

Перед вами понятия, используемые при постановке задачи проектирования, сопоставьте их с описанием

1. Вектор ситуаций

2. Вектор ограничений

3. Вектор оптимизируемых параметров

А Критерии, значения которых задаются

Б Значения параметров, которые задаются в начале проектного поиска

В Главные параметры, подлежащие оптимизации

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

Тяга реактивного двигателя определяется:

-площадью среза сопла и максимальным давлением в камере сгорания;

-площадью критического сечения сопла и максимальным давлением;

-секундным расходом и эффективной скорости истечения продуктов сгорания

-секундным расходом и рабочим давлением в камере сгорания

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

Как организован выход из процедуры оптимизации методом случайного поиска в машинном алгоритме баллистического проектирования НРС?

-по достижению предельного числа неудачных шагов;

-по максимальному числу шагов в процессе оптимизации;

- по предельному числу реализованных подряд неудачных шагов;
- по реализации минимального приращения целевой функции
- № 7 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
- Какие системные параметры определяют дальность стрельбы:
- начальная скорость
- угол бросания
- баллистический коэффициент
- марка пороха
- № 8 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
- Максимальная скорость реактивного снаряда по формуле Циолковского определяется следующими параметрами:
- эффективной скоростью истечения продуктов сгорания
- массой топлива
- пассивной массой снаряда
- массой пусковой установки
- № 9 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
- Что определяется при решении обобщённой задачи баллистического проектирования:
- определение массы снаряда
- условий заряжания
- характеристик ствола
- облика снаряда
- № 10 Прочитайте текст и установите последовательность
- Перед вами принципы наведения противотанковых управляемых ракет (ПТУР). Постройте последовательность по поколениям от первых к последующим:
1. Выстрелил и забыл
  2. По двум точкам
  3. По трём точкам
- № 11 Прочитайте текст и установите последовательность
- При варьировании длиной заряда в задаче анализа баллистического решения для НРС оптимальные характеристики реализуются в следующей последовательности. Восстановите последовательность:
1. максимальная скорость
  2. дальность стрельбы
  3. масса топлива
- № 12 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
- Массовое уравнение неуправляемого реактивного снаряда включает:
- массу конструктивных элементов, массу двигателя, полезную нагрузку;

- массу полезной нагрузки, массу цилиндрической части двигателя, массу топлива, массу конструктивных элементов;
- массу полезной нагрузки, массу конструктивных элементов, массу топлива;
- массу полезной нагрузки, массу конструктивных элементов, массу топлива, массу соплового блока, массу переднего и заднего днища