

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета

_____ Знаменский Е.А.

«___» _____ 20__

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ СИСТЕМНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ БОЕПРИПАСОВ И ВЗРЫВАТЕЛЕЙ

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	9	3	108	68	34	34	0	40	0	18	22	диф. зач.

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

СИСТЕМНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ БОЕПРИПАСОВ И 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:

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 **СИСТЕМНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ БОЕПРИПАСОВ И ВЗРЫВАТЕЛЕЙ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *17.05.01 Боеприпасы и взрыватели*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ИНЖЕНЕРНАЯ И КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА, СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ, МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ, ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА СРЕДСТВ ПОРАЖЕНИЯ И БОЕПРИПАСОВ, ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА, ФИЗИКА ВЗРЫВА И УДАРА, ОСНОВЫ БАЛЛИСТИКИ И АЭРОДИНАМИКИ СРЕДСТВ ПОРАЖЕНИЯ**.

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

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 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	9	Раздел 1. Развитие проектной деятельности на основе системных принципов. 1.1. Введение. Предмет и содержание курса. Роль и место дисциплины в системе подготовки специалиста по специальности 17.05.01. классиф-я форм проектирования: кустарно-ремесленная, чертежная, системотехническая формы проектирования. Обобщенная модель и постановка задачи проектирования. 1.2. Проектируемый объект как сложная система (СС). Свойства СС. Общая методология исследования СС. БП как элемент ствольного комплекса. Основные идеи и приемы системного подхода: синергизм, декомпозиция и агрегирование. 1.3. Моделирование функционирования как процесс устранения неопределенности в проектировании. Имитационное моделирование как основа прогнозирования и оптимизации ствольных комплексов и его элементов. Модульное (блочное) построение имитационной модели комплекса. Обоснование банка модулей. Формирование имитационной модели из банка модулей. Примеры модульного построения имитационных моделей.	11	6	4	2	5	10
5	9	Раздел 2. Боевые свойства ствольных комплексов (СК). Оценка эффективности действия СК. 2.1. Требования, предъявляемые к СК и его элементам. Критерии эффективности СК. Многокритериальность в задачах оценки эффективности и компромиссный характер их решения. Примеры: дальноточность, точность стрельбы, могущество действия, огневая производительность, маневренность, надежность, стоимость комплекса и его элементов, стоимость решения боевой задачи. 2.2. Гарантированная дальность стрельбы. Применение на практике. Расчет потребного количества боеприпасов по различным целям. 2.3. Учет противодействия противника. Моделирование боевых ситуаций, модель динамики средних, модель стохастических дуэлей.	17	14	6	8	3	20
5	9	Раздел 3. Методы оптимального проектирования СК и его элементов. 3.1. Постановка задачи оптимального проектирования. Формализация задачи оптимального проектирования. Понятие о задачах векторной оптимизации. Обобщенная постановка задачи проектирования СК и его элементов. 3.2. Отображение проектного решения в пространстве параметров и пространстве критериев. Парето оптимальность. 3.3. Классификация методов оптимального проектирования.	11	8	6	2	3	20
5	9	Раздел 4. Баллистическое проектирование ствольных комплексов. 4.1. Оптимизация баллистического решения для полевого орудия: постановка задачи, особенности имитационных моделей и математическое выражение для критериев оптимальности, обоснование банка модулей, блок-схема алгоритма решения, пример. 4.2. Оптимизация баллистического решения для противотанкового орудия. 4.3. Оптимизация баллистического решения для зенитного комплекса.	28	14	6	8	14	25
5	9	Раздел 5. Боеприпасы реактивной артиллерии. 5.1. Историческая справка, роль реактивной артиллерии в период ВОВ. ТТХ основных РСЗО. Особенности конструкции и функционирования. Классификация 5.2. Тяга камеры с соплом Лавалю. Эффективная скорость истечения Полный импульс. Единичный импульс. Удельная тяга. Параметры истечения газов из сопла РДТТ. Выражения для секундного расхода, критических параметров, скорости газового потока в любом сечении сопла, уширения сопла. 5.3. Основные соотношения между размерами заряда РДТТ. Параметры заряжения. Условие постоянства тяги. Зависимость скорости горения от давления и температуры. Связь между параметрами двигателя и ракеты. Формула Циолковского. Влияние параметров двигателя на характеристики НРС.	15	12	6	6	3	5
5	9	Раздел 6. Баллистическое проектирование неуправляемых реактивных снарядов (НРС). 6.1. Особенности постановки задачи в зависимости от системы ограничений на функционирование. Массовое уравнение НРС. Изменение баллистических и конструктивно-массовых характеристик НРС заданного калибра и массы полезной нагрузки при изменении длины заряда. 6.2. Вывод условия максимума дальности стрельбы НРС неограниченной длины. Связь между размерами заряда и плотностью заряжения для заряда из одноканальных цилиндрических шашек. 6.3. Определение основных конструктивных параметров оптимального баллистического образца. Определении длины полезной нагрузки и всего изделия. Пример приближенного расчета основных конструктивных параметров оптимального баллистического образца.	26	14	6	8	12	20
Всего за 9 семестр			108	68	34	34	40	100
Всего по дисциплине			108	68	34	34	40	100

3.2. Лабораторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного практикума	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Развитие проектной деятельности на основе системных принципов.	Знакомство с ПО анализа баллистического решения б/п ствольной артиллерии и оценка адекватности математической модели.	2
2	Раздел 2. Боевые	Параметрический анализ баллистического решения (анализ	8

	свойства ствольных комплексов (СК). Оценка эффективности действия СК.	влияния подготовки стрельбы, уязвимости цели, количества привлекаемых орудий); Расчет коэф-в чувствительности.	
3	Раздел 3. Методы оптимального проектирования СК и его элементов.	Знакомство с программным обеспечением многопараметрического синтеза баллистического решения боеприпасов ствольной артиллерии по разным критериям.	2
4	Раздел 4. Баллистическое проектирование ствольных комплексов.	Синтез баллистического решения для б/п ствольной артиллерии (по дальности стрельбы, по стоимости решения б/з, по 2-м и 3-м параметрам для заданного орудия). Принятие решения по баллистическому проектированию.	8
5	Раздел 5. Боеприпасы реактивной артиллерии.	Знакомство с ПО анализа и синтеза баллистического проектирования б/п реактивной артиллерии.	6
6	Раздел 6. Баллистическое проектирование неуправляемых реактивных снарядов (НРС).	Параметрический анализ баллистического решения для НРС неограниченной длины (по 4-м параметрам: D, Pt, Lз, m) Синтез баллистического решения для НРС неограниченной длины по стартовой массе случайным и регулярным методами. Принятие решения по баллистическому проектированию.	8
Всего за 9 семестр			34

3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Развитие проектной деятельности на основе системных принципов.	Подготовка к восприятию материала, связанного с развитием проектной деятельности на основе системных принципов. Основные отличия кустарно-ремесленной, чертежной и системотехнической формами проектной деятельности. Привести примеры технических решений, демонстрирующих синергетический эффект	3
2		Выполнение курсовой работы	2
3	Раздел 2. Боевые свойства ствольных комплексов (СК). Оценка эффективности действия СК.	Подготовка к восприятию материала, связанного с характеристиками СК. Необходимо ответить на вопросы, как определяется максимальная дальность стрельбы, что такое гарантированная дальность стрельбы, из чего состоит система ошибок стрельбы, чем характеризуется каждая составляющая системы ошибок стрельбы, зависимые и независимые выстрелы, чем характеризуется могущество СК.	1
4		Выполнение курсовой работы	2
5	Раздел 3. Методы оптимального проектирования СК и его элементов.	Подготовка к восприятию материала, связанного с методами решения экстремальных задач. Классификация поисковых процедур. Принцип работы регулярных и стохастических процедур Ответить на вопрос, в чем сложность многокритериальных задач на примере оптимизации баллистического решения СК.	2
6		Выполнение курсовой работы	1
7	Раздел 4. Баллистическое проектирование ствольных комплексов.	Подготовка к восприятию материала, связанного с параметрическим анализом и синтезом боеприпасов ствольной артиллерии.	8
8		Выполнение курсовой работы	6
9	Раздел 5. Боеприпасы	Подготовка к восприятию материала, связанного с устройством и методами оптимального проектирования боеприпасов реактивной артиллерии. Обратит внимание на конструктивные особенности,	2

	реактивной артиллерии.	терминологию, основные проектные параметры и характеристики НРС и реактивных систем залпового огня 1, 2, 3 и 4 поколений	
10		Выполнение курсовой работы	1
11	Раздел 6. Баллистическое проектирование	Выполнение курсовой работы	6
12	неуправляемых реактивных снарядов (НРС).	Подготовка к восприятию материала, связанного с параметрическим анализом и синтезом боеприпасов ствольной артиллерии.	6
Всего за 9 семестр			40

3.4. Курсовая работа

СОДЕРЖАНИЕ ЭТАПА	ПЕРИОД ИСПОЛНЕНИЯ (недели семестра)	ПЛАНИРУЕМОЕ ВРЕМЯ (час)
Этап 1. Параметрический анализ баллистического решения для снаряда ствольной артиллерии	1 - 5	4
Этап 2. Синтез баллистического решения для снарядов ствольной артиллерии по различным критериям и обоснование выбора окончательного решения	6 - 9	4
Этап 3. Параметрический анализ баллистического решения для НРС неограниченной длины	10 - 12	4
Этап 4. Синтез баллистического решения для НРС неограниченной длины по стартовой массе случайным и регулярным методами . выбор окончательного варианта	13 - 14	4
Этап 5. Защита курсовой работы	15 - 17	2
Всего за 9 семестр		18

4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
9					Колл	ДР			Колл	ДР					КР, Колл	ДР	Вопр.Диф.Зач, диф. зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- Колл – коллоквиум;
- КР – курсовая работа;
- Вопр.Диф.Зач – вопросы к дифференцированному зачету;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

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

- диагностическая работа;
- коллоквиум;
- курсовая работа;
- вопросы к дифференцированному зачету.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература по дисциплине:

1. А. В. Лотов, И. И. Пospelova. . Многокритериальные задачи принятия решений. М.: МАКС Пресс, 2008, эл. рес.
2. А. Г. Белов, Е. Н. Никулин, Ю. П. Савельев. . Методы оценки эффективности действия боеприпасов на стадии проектирования. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1996, 93 экз.
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. . Алгоритм оптимального проектирования. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014, 15 экз.
5. В. Д. Куров, Ю. М. Должанский. . Основы проектирования пороховых ракетных снарядов. М.: Оборонгиз, 1961, 9 экз.
6. В. И. Запорожец. . Боевая эффективность средств поражения и боеприпасов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006, эл. рес.
7. М. И. Осин. . Методы автоматизированного проектирования летательных аппаратов. М.: Машиностроение, 1984, 20 экз.
8. Ю. В. Чуев. . Проектирование ствольных комплексов. (Теоретические основы). М.: Машиностроение, 1976, 5 экз.
9. 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;
2. Вопросы оборонной техники. Серия 16;
3. Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук.

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

1. <https://ibooks.ru/> — ЭБС Айбукс.ру - это большой выбор актуальной литературы для вашей библиотеки в электронном виде;
2. http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=474 — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
3. <https://e.lanbook.com/> — ЭБС Лань;
4. <http://www.tnt-ebook.ru/> — TNT-EBOOK - Электронно-библиотечная система;
5. <https://urait.ru/> — 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 - 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. Проектор;
2. Интерактивная доска;
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 **СИСТЕМНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ БОЕПРИПАСОВ И ВЗРЫВАТЕЛЕЙ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *17.05.01 Боеприпасы и взрыватели*. Дисциплина реализуется на факультете *Е Оружие и системы вооружения* БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой *Е3 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 баллистическим проектированием газодинамических импульсных устройств, под которыми понимаются боеприпасы ствольной и реактивной артиллерии, в среде САПР.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- коллоквиум;
- курсовая работа;
- вопросы к дифференцированному зачету.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **3 з.е., 108 ч**. Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**34 ч.**), лабораторный практикум (**34 ч.**), самостоятельная работа студента (**40 ч.**).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 68 ч. аудиторных занятий, и 40 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

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

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

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

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
Раздел 1. Развитие проектной деятельности на основе системных принципов.		
Подготовка к восприятию материала, связанного с развитием проектной деятельности на основе системных принципов. Основные отличия кустарно-ремесленной, чертежной и системотехнической формами проектной деятельности. Привести примеры технических решений, демонстрирующих синергетический эффект	Р. Штойер. . Многокритериальная оптимизация. Теория, вычисления и приложения: М.: Радио и связь, 1992 (1) В. В. Шикурин. . Системы автоматизированного проектирования средств поражения: СПб.: Изд-во БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2022 (1)	3
Выполнение курсовой работы		2
Итого по разделу 1		5
Раздел 2. Боевые свойства ствольных комплексов (СК). Оценка эффективности действия СК.		
Подготовка к восприятию материала, связанного с характеристиками СК. Необходимо ответить на вопросы, как определяется максимальная дальность стрельбы, что такое гарантированная дальность стрельбы, из чего состоит система ошибок стрельбы, чем характеризуется каждая составляющая системы ошибок стрельбы, зависимые и независимые выстрелы, чем характеризуется могущество СК.	Р. Штойер. . Многокритериальная оптимизация. Теория, вычисления и приложения: М.: Радио и связь, 1992 (1) Ю. В. Чуев. . Проектирование ствольных комплексов. (Теоретические основы): М.: Машиностроение, 1976 (3) В. И. Запорожец. . Боевая эффективность средств поражения и боеприпасов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006 (3)	1
Выполнение курсовой работы		2
Итого по разделу 2		3
Раздел 3. Методы оптимального проектирования СК и его элементов.		
Подготовка к восприятию материала, связанного с методами решения экстремальных задач. Классификация поисковых процедур. Принцип работы регулярных и стохастических процедур. Ответить на вопрос, в чем сложность многокритериальных задач на примере оптимизации баллистического решения СК.	А. В. Лотов, И. И. Пospelova. . Многокритериальные задачи принятия решений: М.: МАКС Пресс, 2008 (1,2,3) М. И. Осин. . Методы автоматизированного проектирования летательных аппаратов: М.: Машиностроение, 1984 (1,3)	2
Выполнение курсовой работы		1

	В. В. Шкварцов. . Алгоритм оптимального проектирования: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (1)	
Итого по разделу 3		3
Раздел 4. Баллистическое проектирование ствольных комплексов.		
Подготовка к восприятию материала, связанного с параметрическим анализом и синтезом боеприпасов ствольной артиллерии.	А. Г. Белов, Е. Н. Никулин, Ю. П. Савельев. . Методы оценки эффективности действия боеприпасов на стадии проектирования: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1996 (4) Ю. В. Чуев. . Проектирование ствольных комплексов. (Теоретические основы): М.: Машиностроение, 1976 (3)	8
Выполнение курсовой работы		6
Итого по разделу 4		14
Раздел 5. Боеприпасы реактивной артиллерии.		
Подготовка к восприятию материала, связанного с устройством и методами оптимального проектирования боеприпасов реактивной артиллерии. Обратить внимание на конструктивные особенности, терминологию, основные проектные параметры и характеристики НРС и реактивных систем залпового огня 1, 2, 3 и 4 поколений	Я. М. Шапиро, Г. Ю. Мазинг, М. Е. Прудников. . Основы проектирования ракет на твёрдом топливе: М.: Воениздат, 1968 (10)	2
Выполнение курсовой работы		1
Итого по разделу 5		3
Раздел 6. Баллистическое проектирование неуправляемых реактивных снарядов (НРС).		
Выполнение курсовой работы	В. Д. Куров, Ю. М. Должанский. . Основы проектирования пороховых ракетных снарядов: М.: Оборонгиз, 1961 (1)	6
Подготовка к восприятию материала, связанного с параметрическим анализом и синтезом боеприпасов ствольной артиллерии.		6
Итого по разделу 6		12

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- коллоквиум;
- курсовая работа;
- вопросы к дифференцированному зачету;
- дифференцированный зачет.

Критерии оценивания

Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

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

Коллоквиум

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

Курсовая работа

Курсовая работа представляется в печатной форме. Защита курсовой работы проходит в форме доклада студента по выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя.

Критерии оценивания курсовой работы:

- 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 курсовой работы 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 курсовой работы заслуживает студент, обнаруживший при ответах на вопросы всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно-программного материала, выполнивший курсовую работу без ошибок и в полном объеме, представивший пояснительную записку оформленную в соответствии с действующими требованиями;

– оценки «хорошо» по итогам защиты курсовой работы заслуживает студент, обнаруживший полное знание учебно-программного материала, выполнивший курсовую работу без ошибок и в полном объеме, представивший пояснительную записку содержащую незначительные отступления от действующих требований и погрешности оформления;

– оценки «удовлетворительно» по итогам защиты курсовой работы заслуживает студент, обнаруживший

знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, выполнивший курсовую работу 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 курсовой работы 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.

Курсовая работа не может быть принята 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 дифференцированному зачету

Раздел 1. Развитие проектной деятельности на основе системных принципов.

1. В чем принципиальное отличие классической формы проектирования от кустарно-ремесленной?
2. В чем принципиальное отличие системотехнической формы проектирования от классической (чертежной)?
3. В чем суть системного подхода к проектированию?
4. Понятие сложной системы. Роль учета связей между элементами системы.
5. Снаряд как элемент системы «ствол- заряд- снаряд».
6. Синергетический эффект. Примеры.
7. Пример подхода к проектированию ОФС с классических позиций и с позиции системного подхода.
8. В чем отличие задачи анализа от задачи синтеза
9. Обобщенная постановка задачи проектирования.
10. В чем смысл и цель проектного поиска?
11. Проблемы решения задачи векторной оптимизации.

Раздел 2. Боевые свойства ствольных комплексов (СК). Оценка эффективности действия СК.

1. Перечислите свойства основного назначения, характеризующие эффективность действия ствольных комплексов.
2. Методы скаляризации показателя эффективности.
3. Что такое гарантированная дальность стрельбы?
4. Из чего состоит система ошибок стрельбы?
5. Чем характеризуются первая и вторая группы ошибок?
6. Что характеризует коэффициент корреляции и требования к нему?
7. Законы поражения. В чем преимущества и недостатки использования приведенной зоны поражения?, приведенных размеров цели?
8. Почему стоимость решения боевой задачи можно рассматривать как обобщенный показатель эффективности ствольных и реактивных комплексов?
9. В чем особенности определения необходимого количества боеприпасов на поражение танка?, на поражение воздушной цели?, на поражение наблюдаемых целей типа блиндаж, ДОТ, ДЗОТ?, на поражение ненаблюдаемых целей?
10. Как можно учесть потери от противодействия противника в оптимизационных задачах?

Раздел 3. Методы оптимального проектирования СК и его элементов.

1. Постановка задачи выбора оптимального баллистического решения для боеприпасов ствольной артиллерии.
2. В чем особенности выбора целевой функции?
3. В чем особенности формирования вектора ограничений и вектора ситуаций?
4. Отображение проектных решений в пространстве критериев.
5. Понятие границы неувлучшаемых вариантов. Парето оптимальность (графическая интерпретация).
6. Как на практике построить Парето границу?
7. Что такое технический риск?
8. Как используется критерий технического риска при обосновании выбора компромиссных вариантов решения?

Раздел 4. Баллистическое проектирование ствольных комплексов.

1. Назовите типичные задачи, решаемые в рамках Программы вооружения на ближайшие 10 лет.

2. В чем особенность постановки «задачи замены» образца вооружения?
 3. В чем особенность постановки задачи выбора оптимального типажа вооружения?
 4. Особенности постановки задачи выбора баллистического решения для полевого орудия. Выражение для целевой функции?
 5. Особенности постановки задачи выбора баллистического решения для бронебойных снарядов. Выражение для целевой функции.
 6. Особенности постановки задачи выбора баллистического решения для зенитных снарядов. Выражение для целевой функции.
 7. Назовите примерный модульный состав программного обеспечения выбора баллистического решения для боеприпасов ствольной артиллерии.
 8. Нарисуйте блок-схему оптимизации баллистического решения для боеприпасов ствольной артиллерии.
 9. Как реализуется задача синтеза баллистического решения методом анализа?
- Раздел 5. Боеприпасы реактивной артиллерии.
1. Почему в конце 19 века реактивные снаряды (РС) снимаются с вооружения во всех армиях мира?
 2. Работы отечественных ученых по созданию новых порохов для РС.
 3. В чем конструктивные особенности и особенности функционирования РС?
 4. Основные ТТХ РС времен ВОВ и современных образцов.
 5. Что такое тяга камеры с соплом Лавалья?
 6. Из каких условий выбирается форма топливных зарядов для РС?
 7. Для чего на боевую часть РС надеваются тормозные кольца?
 8. Особенности внешней баллистики НРС.
 9. Влияние тяговооруженности на кучность стрельбы РС.
 10. Назовите геометрические и массовые параметры РС.
 11. Особенности изменения давления в камере сгорания РС.
 12. Максимальная скорость РС. Формула Циолковского.
 13. Выражение для тяги двигателя РС с соплом Лавалья.
 14. Понятие эффективной скорости истечения из сопла.
 15. Выражение для секундного расхода.
 16. Параметр Победоносцева. Значение параметра Победоносцева для условий горения по внутренним и наружным очертаниям топливного заряда.
 17. Допустимое значение параметра Победоносцева.
 18. Коэффициент заполнения поперечного сечения топливом.
 19. Параметр эрозионного горения и его влияние на максимальное давление в камере двигателя.
- Раздел 6. Баллистическое проектирование неуправляемых реактивных снарядов (НРС). Постановка задачи баллистического проектирования НРС для неограниченного по длине образца, для образца ограниченной длины, для образца с заданным временем горения заряда.
2. Массовое уравнение
 3. Изменение баллистических и конструктивных параметров снаряда с длиной заряда.
 4. Условие максимальной дальности стрельбы.
 5. Почему кривая массы топлива имеет оптимум от длины заряда?
 6. Почему кривая максимальной скорости и дальности стрельбы имеют оптимумы от длины заряда?
 7. Почему оптимумы кривых массы топлива, максимальной скорости и дальности стрельбы сдвинуты друг относительно друга?
 8. Почему имеются оптимумы массы топлива, максимальной скорости и дальности стрельбы от рабочего давления в камере сгорания?, от параметра эрозионного горения?
 9. Как связаны размеры пороховой шашки с плотностью заряжания (коэффициентом заполнения поперечного сечения топливом)?
 10. Как рассчитать длину полезной нагрузки РС?

Дифференцированный зачет

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 "не зачтено".
2. Один правильный ответ - оценка "зачтено-удовлетворительно"
3. Два правильных ответа - оценка "зачтено-хорошо"
4. Три правильных ответа - оценка "зачтено-отлично"

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	9	Раздел 1. Развитие проектной деятельности на основе системных принципов.	11	6	4	2	5	10	Курсовая работа, Вопросы к дифференцированному зачету, Коллоквиум
5	9	Раздел 2. Боевые свойства ствольных комплексов (СК). Оценка эффективности действия СК.	17	14	6	8	3	20	Курсовая работа, Вопросы к дифференцированному зачету, Коллоквиум
5	9	Раздел 3. Методы оптимального проектирования СК и его элементов.	11	8	6	2	3	20	Курсовая работа, Вопросы к дифференцированному зачету, Коллоквиум
5	9	Раздел 4. Баллистическое проектирование ствольных комплексов.	28	14	6	8	14	25	Курсовая работа, Вопросы к дифференцированному зачету, Коллоквиум
5	9	Раздел 5. Боеприпасы реактивной артиллерии.	15	12	6	6	3	5	Курсовая работа, Вопросы к дифференцированному зачету, Коллоквиум
5	9	Раздел 6. Баллистическое проектирование неуправляемых реактивных снарядов (НРС).	26	14	6	8	12	20	Курсовая работа, Вопросы к дифференцированному зачету, Коллоквиум
Всего за 9 семестр			108	68	34	34	40	100	
Всего по дисциплине			108	68	34	34	40	100	

**Оценочные материалы по дисциплине СИСТЕМНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ
БОЕПРИПАСОВ И ВЗРЫВАТЕЛЕЙ**

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, 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
- № 4 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
- № 5 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
- № 6 Прочитайте текст и установите последовательность
При варьировании длиной заряда в задаче анализа баллистического решения для НРС оптимумы характеристик реализуются в следующей последовательности. Восстановите последовательность:
1. максимальная скорость
 2. дальность стрельбы
 3. масса топлива
- № 7 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

№ 8 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

№ 9 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

№ 10 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

№ 11 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

№ 12 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