Минобрнауки России

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра управления и информатики в технических системах

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

ДИСЦИПЛИНЫ

«Б1.Д.Б.31 Основы баллистики и аэродинамики боеприпасов»

Уровень высшего образования

СПЕЦИАЛИТЕТ

Специальность
17.05.01 Боеприпасы и взрыватели
(код и наименование специальности)

Взрыватели
(наименование направленности (профиля)/специализации образовательной программы)

Квалификация
Инженер

Форма обучения
Очная

Год набора 2025

Рабочая программа дисциплины «*Б1.Д.Б.31 Основы баллистики и аэродинамики боеприпасов*» рассмотрена и утверждена на заседании кафедры

Кафедра управления и информатики в технических системах
наименование кафедры

протокол № 11 от "20" 02 2025 г.

Заведующий кафедрой
Кафедра управления и информатики в технических системах
наименование кафедры *подпись* А.С. Боровский *расшифровка подписи*

Исполнители:
Профессор *должность* *подпись* А.С. Боровский *расшифровка подписи*

должность *подпись* *расшифровка подписи*

СОГЛАСОВАНО:
Председатель методической комиссии по специальности
17.05.01 Боеприпасы и взрыватели *код наименование* *личная подпись* А.С. Боровский *расшифровка подписи*

Заведующий отделом формирования фонда и научной обработки документов
Гл. библиограф *личная подпись* С.А. Биктимирова *расшифровка подписи*

Уполномоченный по качеству от АКИ
личная подпись А.М. Черноусова *расшифровка подписи*

№ регистрации _____

© Боровский А.С., 2025
© ОГУ, 2025

1 Цели и задачи освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины:

- формирование у студентов знаний о принципах движения снаряда в канале ствола и на полете, о факторах, влияющих на основные характеристики выстрела, о силах, действующих на снаряд и взрыватель на активном и пассивном участках, о периодах выстрела, о законах сопротивления воздуха и о рассеянии координат точек падения снаряда.

Задачи:

В результате освоения дисциплины обучающийся должен знать:

- теоретические основы внутренней баллистики ствольных систем и реактивных двигателей, заключающиеся в изучении процессов горения пороха и законов газообразования, в составлении математических моделей движения боеприпасов в канале ствола и периоде последствия.

- теоретические основы внешней баллистики и аэродинамики, заключающиеся в изучении параметров атмосферы и ее влияния на движение боеприпасов, действующих сил и моментов, определяющих моделей движения снарядов в воздухе и рассеивания координат разрывов снарядов при использовании различных взрывателей.

Уметь решать задачи внутренней и внешней баллистики и анализировать их результаты с целью получения исходной информации для проектирования взрывателей, действующих на взрыватель сил и моментов.

Владеть навыками аналитического и численного решения задач внутренней и внешней баллистики, взрывателя на рассеивание оценки влияния вида используемого взрывателя на рассеивание координат точек разрыва снарядов.

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к базовой части блока Д «Дисциплины (модули)»

Пререквизиты дисциплины: *Б1.Д.Б.16 Физика*

Постреквизиты дисциплины: *Б1.Д.Б.30 Основы проектирования средств поражения*

3 Требования к результатам обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих результатов обучения

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
ОПК-7 Способен анализировать текущее состояние и тенденции развития оружия и систем вооружения	ОПК-7-В-2 Знание принципов действия современного оружия и систем вооружения, основ баллистики и аэродинамики боеприпасов ОПК-7-В-3 Умение анализировать текущее состояние и тенденции развития оружия и систем вооружения, особенности устройства и конструкции современных боеприпасов и взрывателей ОПК-7-В-4 Владение способностями сбора, анализа и обобщения научно-технической информации в области оружия и систем вооружения, их	**Знать:** Основные уравнения газовой динамики движения тел; задачи баллистики и аэродинамики и методы их решения; основные характеристики порохов для ракетных и ствольных систем; знания программных средств для исследования основ газовой динамики.

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
	боеприпасов и взрывателей	**Уметь:** Использовать уравнения сохранения и движения при решении задач баллистики и аэродинамики; проводить проверочные и проектные работы применительно к узлам и агрегатам ракетного и ствольного оружия; анализировать результаты решения задач баллистики и аэродинамики ракетного и ствольного оружия; уметь использовать программные средства для исследования уравнений газовой динамики. **Владеть:** Методами решения задач баллистики и аэродинамики; программным обеспечением для численного решения задач баллистики и аэродинамики ракетного и ствольного оружия; навыками определения основных входных параметров для решения задач баллистики и аэродинамики; методами определения направлений изменения основных параметров для обеспечения требуемых выходных баллистических и аэродинамических характеристик ракетных и ствольных систем.

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 8 зачетных единиц (288 академических часов).

Вид работы	Трудоемкость, академических часов		
	5 семестр	6 семестр	всего
Общая трудоёмкость	**180**	**108**	**288**
Контактная работа:	**68,25**	**49,25**	**117,5**
Лекции (Л)	34	32	66
Практические занятия (ПЗ)	34	16	50
Консультации		1	1
Промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	0,25	0,25	0,5
Самостоятельная работа: *- самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий;* *- подготовка к практическим занятиям;* *- подготовка к рубежному контролю)*	**111,75**	**58,75**	**170,5**
Вид итогового контроля (зачет, экзамен, дифференцированный зачет)	**зачет**	**экзамен**	

Разделы дисциплины, изучаемые в 5 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	Введение	12	2			10
2	Основы газовой динамики	32	8	4		20
3	Пиростатика	50	8	12		30
4	Физическая пиродинамика	46	8	6		32
5	Внутренняя баллистика	40	8	12		20
	Итого:	180	34	34		112

Разделы дисциплины, изучаемые в 6 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
6	Промежуточная баллистика	32	6	6		20
7	Внешняя баллистика	28	12	6		10
8	Баллистика реактивных снарядов	24	10	4		10
9	Испытания боеприпасов	24	4			20
	Итого:	108	32	16		60
	Всего:	288	66	50		172

4.2 Содержание разделов дисциплины

№ 1. Введение.

Баллистика как наука. Внутренняя, промежуточная и внешняя баллистика. История развития. Основные понятия, термины и определения. Предмет и задачи дисциплины.

№ 2. Основы газовой динамики.

Основные уравнения сохранения. Уравнения состояния. Их использование при расчете и проектировании боеприпасов. Стационарная газовая динамика. Практические задачи газовой динамики. Уравнение обращения Вулиса. Обтекание внешнего тупого угла. Течения со скачками уплотнения. Прямые и косые скачки. Основные законы термодинамики. Основные метеоэлементы.

№ 3. Пиростатика.

Основные характеристики порохов и их свойства. Производство целлюлозы. Пироксилиновые пороха. Смесевые пороха. Формы порохов. Характеристики пороховых элементов и марки порохов. Физико-химические свойства. Законы скорости горения. Быстрота газообразования. Связь между геометрией пороха и образованием газов. Дегрессивные и прогрессивные пороха. Связь между давлением и условиями заряжания при сгорании пороха в постоянном объеме. Зависимость p(Ψ). Учет влияния воспламенителя на давление в замкнутом объеме. Определение времени горения пороха в постоянном объеме. Зависимость давления от времени.

№ 4. Физическая пиродинамика.

Основные зависимости. Горение и газообразование. Уравнение преобразования энергии. Уравнение поступательного движения снаряда и откатных частей. Уравнение вращательного движения снаряда. Зависимость между скоростью снаряда и скоростью откатных частей. Баланс энергии при выстреле. Основное уравнение баллистики. Основные характеристики нарезов. Сопротивление при врезании пояска в нарезы. Давление форсирования. Силы, возникающие на боевых гранях нарезов при движении снаряда. Работа, затрачиваемая на вращение снаряда. Работа, затрачиваемая на преодоление трения в нарезах. Работа, затрачиваемая на перемещение газа и заряда. Работа, затрачиваемая на перемещение откатных частей. Суммарный учет второстепенных работ. Зависимость между давлением на дно канала и дно снаряда.

№ 5. Внутренняя баллистика.

Предмет внутренней баллистики. Явление выстрела. Пиродинамические кривые. Задачи внутренней баллистики. Система уравнений внутренней баллистики. Составление таблиц внутренней баллистики. Внутренняя баллистика реактивного двигателя на твердом топливе. Конструктивная схема РДТТ. Принцип действия РДТТ.

№ 6. Промежуточная баллистика.

Период последействия. Сила и импульс отдачи. Понятие о силе и импульсе отдачи. Изменение давления в канале ствола в период последействия. Надульные устройства. Классификация, устройство, расчет.

№ 7. Внешняя баллистика.

Теоретические основы полета артиллерийских снарядов. Системы координат и углов для определения положения снаряда на траектории. Основные уравнения динамики тела постоянной массы. Силы и моменты, действующие на снаряд в полете. Аэродинамические силовые факторы, действующие на снаряд в полете. Второстепенные силы и моменты, действующие на снаряд в полете.

№ 8. Баллистика реактивных снарядов.

Полевые ракеты. Противотанковые ракеты. Авиационные ракеты класса «воздух – земля». Рассеивание при стрельбе. Баллистические сборники и таблицы. Понятие о численном интегрировании. Основные понятия теории поправок.

№ 9. Испытания боеприпасов.

Испытательные полигоны. Классификация испытательных полигонов. Определение скорости полета снаряда. Опытное определение силы сопротивления воздуха. Определение дальности стрельбы.

4.3 Практические занятия (семинары)

№ занятия	№ раздела	Тема	Кол-во часов
1	2	Обтекание внешнего тупого угла.	2
2	2	Расчет параметров атмосферы с высотой.	2
3	3	Формы порохов. Характеристики пороховых элементов и марки порохов.	4
4	3	Связь между давлением и условиями заряжания при сгорании пороха в постоянном объеме.	4
5	3	Определение силы топлива, полного импульса давления и коволюма при сжигании навески топлива в манометрической бомбе.	4

№ занятия	№ раздела	Тема	Кол-во часов
6	4	Баланс энергии при выстреле. Основное уравнение баллистики.	4
7	4	Суммарный учет второстепенных работ.	2
8	5	Расчет системы уравнений внутренней баллистики	8
9	5	Составление таблиц внутренней баллистики	4
10	6	Расчет давления в канале ствола в период последействия. Расчет дульного тормоза.	4
11	6	Определение эффективности дульного тормоза	2
12	7	Построение систем координат.	2
13	7	Основные уравнения динамики тела постоянной массы. Аэродинамические силовые факторы, действующие на снаряд в полете.	4
14	8	Определение вероятностных отклонений по результатам отстрелов	4
		Итого:	50

5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

5.1 Основная литература

1.Балаганский, И. А. Основы баллистики и аэродинамики : учебное пособие / И. А. Балаганский. — Новосибирск : НГТУ, 2017. — 200 с. — ISBN 978-5-7782-3412-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/118129

2.Гуськов, А. В. Внешняя баллистика : учебное пособие / А. В. Гуськов, К. Е. Милевский, А. В. Сотенко. — 2-е изд. — Новосибирск : НГТУ, 2017. — 188 с. — ISBN 978-5-7782-3177-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/118078

3.Дмитриевский, А. А. Внешняя баллистика : учебник / А. А. Дмитриевский, Л. Н. Лысенко. — 4-е изд., перераб. и доп. — Москва : Машиностроение, 2005. — 608 с. — ISBN 5-217-03252-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/767

5.2 Дополнительная литература

1.Косточко, А. В. Пороха, ракетные твердые топлива и их свойства: пороха и ракетные твердые топлива - источник тепловой энергии и газообразного рабочего тела : учебное пособие / А. В. Косточко, Б. М. Казбан ; Казанский государственный технологический университет. – Казань : Казанский научно-исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2009. – 257 с. : ил., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=270539

5.3 Периодические издания

- Боеприпасы. Взрывные работы : журнал. - Москва : Агентство "Роспечать", 2022, 2023.

5.4 Интернет-ресурсы

https://www.coursera.org/ - «Coursera»;
https://openedu.ru/ - «Открытое образование»;
https://universarium.org/ - «Универсариум»;
https://www.edx.org/ - «EdX»;
https://www.lektorium.tv/ - «Лекториум»;

5.5 Программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Операционная система РЕД ОС
2. «МойОфис Образование» – набор приложений для работы с текстом, таблицами и презентациями в образовательных организациях
3. Для проведения онлайн мероприятий и видеоконференций используется платформа «DION» (Конфигурация «DION EDU») На основании договора № 13/223-4.2.1.35/40-03 от 14.02.2025 г. Срок действия лицензий с 14.02.2025 г по 14.02.2026.

6 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, семинарского типа, курсового проектирования, для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащены комплектами ученической мебели, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Для проведения практических занятий используется аудитория оснащенная компьютерной техникой.

Помещение для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой подключеной к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ОГУ.