

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по учебной работе

 Н.В.Лобов

« 10 » марта 20 22 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** Основы баллистики и аэродинамики  
(наименование)

**Форма обучения:** очная  
(очная/очно-заочная/заочная)

**Уровень высшего образования:** специалитет  
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

**Общая трудоёмкость:** 144 (4)  
(часы (ЗЕ))

**Направление подготовки:** 17.05.02 Стрелково-пушечное, артиллерийское и ракетное оружие  
(код и наименование направления)

**Направленность:** Роботизированные комплексы вооружений (СУОС)  
(наименование образовательной программы)

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

формирование комплекса знаний, умений и навыков в области ос-нов энергетических процессов в баллистических устройствах, методов обеспечения и повышения баллистических характеристик оружия, ос-нов -экспериментальных баллистических исследований;  
-уяснения задач баллистики и аэродинамики;  
-изучение теоретических основ, экспериментального обеспечения и методов решения этих задач;  
-проведение качественного анализа результатов решения и их роли при разработке ракетного и ствольного оружия

### 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- явление выстрела как совокупность процессов преобразования химической энергии метательных веществ в тепловую энергию газов, кинетическую энергию движущихся элементов;  
- методы решения прямой и обратной задачи внутренней и внешней баллистики;  
- модели различных газодинамических схем артиллерийских орудий;  
- методы проведения экспериментов по изучению основных параметров выстрела

### 1.3. Входные требования

Не предусмотрены

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ОПК-15	ИД-1ОПК-15	Знает традиционные методы проектирования технических объектов, стадии и этапы проектирования, состав и структуру технических заданий	Знает способы четкого формулирования целей и задач проектных процедур, включая разработку тактико-технических заданий на проектирование стрелково-пушечного, артиллерийского и ракетного оружия.	Отчёт по практическому занятию
ОПК-15	ИД-2ОПК-15	Умеет четко формулировать цели и задачи проектных процедур, включая разработку тактико-технических заданий на проектирование стрелково-пушечного, артиллерийского и ракетного оружия.	Умеет четко формулировать цели и задачи проектных процедур, включая разработку тактико-технических заданий на проектирование стрелково-пушечного, артиллерийского и ракетного оружия.	Отчёт по практическому занятию

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ОПК-15	ИД-3ОПК-15	Владеет навыками четкого формулирования целей и задач проектных процедур, включая разработку тактико-технических заданий на проектирование стрелково-пушечного, артиллерийского и ракетного оружия.	Владеет навыками четкого формулирования целей и задач проектных процедур, включая разработку тактико-технических заданий на проектирование стрелково-пушечного, артиллерийского и ракетного оружия.	Экзамен
ПКО-2	ИД-1ПКО-2	Знает: - основные уравнения газовой динамики и движения тел; - задачи баллистики и аэродинамики и методы их решения; - основные характеристики порохов для ракетных и ствольных систем	Знает различные методы проектирования и методики расчета стрелково-пушечного, ракетного и артиллерийского оружия.	Собеседование
ПКО-2	ИД-2ПКО-2	Умеет: - использовать уравнения сохранения и движения при решении задач баллистики и аэродинамики; - проводить проверочные и проектные расчеты применительно к узлам и агрегатам ракетного и ствольного оружия; - анализировать результаты решения задач баллистики и аэродинамики ракетного и ствольного оружия	Умеет применять различные методы проектирования и методики расчета стрелково-пушечного, ракетного и артиллерийского оружия.	Контрольная работа
ПКО-2	ИД-3ПКО-2	Владеет: - 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	Владеет навыками применения различных методов проектирования и методики расчета стрелково-пушечного, ракетного и артиллерийского оружия.	Экзамен

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		обеспечения требуемых выходных баллистических и аэродинамических характеристик ракетных и ствольных систем		

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		6	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	64	64	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	32	32	
- лабораторные работы (ЛР)	10	10	
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	18	18	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	44	44	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36	36	
Дифференцированный зачет			
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	144	144	

### 4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
6-й семестр				
Введение	1	0	0	2
Знает: - основные уравнения газовой динамики и движения тел; - задачи баллистики и аэродинамики и методы их решения; - основные характеристики порохов для ракетных и ствольных систем				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Основы газовой динамики	4	0	2	10
Тема 1 Основные положения Основные уравнения сохранения. Уравнения состояния. Их использование при расчете и проектировании АО и РДТТ. 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. Тема 2 Основные метеоэлементы				
Пиростатика	8	6	6	6
Тема 3 Пороха и топлива для РДТТ и ствольной артиллерии Основные характеристики порохов и их свойства. Производство целлюлозы. Пироксилиновые пороха. Смесевые пороха. Формы порохов. Характеристики пороховых элементов и марки порохов. Физико-химические свойства. Тема 4 Горение порохов 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 $p(t)$ Учет влияния воспламенителя на давление в замкнутом объеме. Определение времени горения пороха в постоянном объеме. Зависимость давления от времени.				
Физическая пиродинамика	8	0	4	6
Тема 5 Основные периоды и процессы выстрела 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. Тема 6. Второстепенные работы ПГ при выстреле 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.				
Период последствий	5	4	2	10

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Тема 7 Сила и импульс отдачи. Понятие о силе и импульсе отдачи. Изменение давления в канале ствола в период последействия. Тема 8 Надульные устройства. Классификация, устройство, расчет.				
Теоретические основы полета артиллерийских снарядов	6	0	4	10
Тема 9 Системы координат и углов для определения положения снаряда на траектории. Тема 10 Основные уравнения динамики тела постоянной массы. Тема 11 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.				
ИТОГО по 6-му семестру	32	10	18	44
ИТОГО по дисциплине	32	10	18	44

#### Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Обтекание внешнего тупого угла
2	Расчет параметров атмосферы с высотой
3	Формы порохов. Характеристики пороховых элементов и марки порохов
4	Связь между давлением и условиями заряжания при сгорании пороха в постоянном объеме
5	Баланс энергии при выстреле. Основное уравнение баллистики
6	Суммарный учет второстепенных работ
7	Расчет давления в канале ствола в период последействия. Расчет дульного тормоза
8	Построение систем координат
9	Основные уравнения динамики тела постоянной массы. Аэродинамические силовые факторы, действующие на снаряд в полете

#### Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Определение силы топлива, полного импульса давления и коволюма при сжигании навески топлива в манометрической бомбе
2	Определение эффективности дульного тормоза

## 5. Организационно-педагогические условия

### 5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности обучающихся на достижение целей занятия.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

### 5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

## 6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

### 6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
<b>1. Основная литература</b>		
1	Баллистика ракетного и ствольного оружия : учебник / Ветров В. В., Жарков М. В., Закаменных Г. И., Комочков В. А. Волгоград : Изд-во ВолгГТУ, 2010. 470 с.	30
2	Захаренков В. Ф. Внутренняя баллистика и автоматизация проектирования артиллерийских орудий : учебное пособие для вузов. Санкт-Петербург : Изд-во БалГТУ, 2010. 275 с.	32

<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	Внешняя и внутренняя баллистика активно-реактивных снарядов : учебное пособие для вузов. Москва : Изд-во ЦНИИ информации, 1978. 135 с.	14
2	Внутренняя баллистика артиллерийских систем и некоторые задачи нестационарного теплообмена в их узлах : учебное пособие для вузов / Орлов Б.В., Плевако Л.С., Королев А.А., Юрьшев Ю.А., Трофимов В.С. Москва : Изд-во ЦНИИ информации, 1978. 136 с.	15
3	Внутренняя баллистика артиллерийского и стрелкового оружия : учебное пособие для вузов / Орлов Б.В., Морозов Ю.Н., Тюрин В.А., Юрьшев Ю.А., Патричная М.П. Москва : Изд-во ЦНИИ информации, 1975. 148 с.	7
4	Девяткин В. А. Последствие газов на ствол. Расчет и моделирование дульных тормозов : учебное пособие для студентов высших технических учебных заведений / В. А. Девяткин. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 1999.	23
5	Орлов Б. В., Королев А. А., Тюрин В. А. Период последствия. Расчет надульных и подствольных газовых узлов : учебное пособие для вузов. Москва : Изд-во ЦНИИ информации, 1975. 168 с.	5
6	Проектирование импульсных тепловых машин: Лаб. практикум для студ. 4-5-го курсов спец. 17.13.00 / Н.И.Романов. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2002.	5
7	Романов Н.И. Проектирование импульсных тепловых машин: Лаб. практикум для студ. 4-5-го курсов спец. 17.13.00. Пермь : Изд-во ПГТУ, 2002. 45 с.	4
<b>2.2. Периодические издания</b>		
	Не используется	
<b>2.3. Нормативно-технические издания</b>		
	Не используется	
<b>3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины</b>		
	Не используется	
<b>4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента</b>		
	Не используется	

## 6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Основная литература	Внутренняя баллистика и автоматизация проектирования артиллерийских орудий	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/lan64116">http://elib.pstu.ru/Record/lan64116</a>	сеть Интернет; свободный доступ

### 6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	MS Windows 7 (подп. Azure Dev Tools for Teaching до 27.03.2022 )
Офисные приложения.	Adobe Acrobat Reader DC. бесплатное ПО просмотра PDF
Системы управления проектами, исследованиями, разработкой, проектированием, моделированием и внедрением	3ds Max 2018 академическая лиц
Системы управления проектами, исследованиями, разработкой, проектированием, моделированием и внедрением	AutoCAD Design Suite Ultimate, академическая лиц., Education Network 3000 concurrent users, ПНИПУ ОЦНИТ 2019

### 6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	<a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	<a href="http://lib.pstu.ru/">http://lib.pstu.ru/</a>
Электронно-библиотечная система Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Электронно-библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	<a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>

### 7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лабораторная работа	Испытательный стенд	1
Лекция	Доска	1
Лекция	Проектор, экран	1
Практическое занятие	Персональный компьютер	8

### 8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе
------------------------------