

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Физико-технический факультет

УТВЕРЖДЕНО:

Декан

Ю.Н. Рыжих

Рабочая программа дисциплины

Внутренняя баллистика ствольных систем

по направлению подготовки / специальности

16.03.01 Техническая физика

Направленность (профиль) подготовки/ специализация:

Компьютерное моделирование в инженерной теплофизике и аэрогидродинамике

Форма обучения

Очная

Квалификация

Инженер, инженер-разработчик

Год приема

2025

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОПОП

Ю.Н. Рыжих

Э.Р. Шрагер

А.Ю. Крайнов

Председатель УМК

В.А. Скрипняк

Томск – 2025

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-1 Способен использовать в профессиональной деятельности основные законы естественнонаучных и инженерных дисциплин, применять методы математического моделирования, теоретических и экспериментальных исследований.

ОПК-2 Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения физико-математический аппарат и современные компьютерные технологии.

ОПК-3 Способен осуществлять профессиональную деятельность с учетом экономических, экологических, интеллектуально-правовых, социальных и других ограничений на всех этапах жизненного цикла объектов профессиональной деятельности и процессов на основе оценки их эффективности и результатов.

ОПК-4 Способен осуществлять контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам.

ОПК-6 Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных, аргументировано защищать результаты выполненной работы.

ПК-1 Способен использовать методы математического моделирования тепловых процессов, формулировать задачи компьютерных исследований процессов теплообмена при разработке изделий РКТ.

ПК-3 Способен выполнять фундаментальные и прикладные работы поискового, теоретического и экспериментального характера при разработке новых материалов, технологий и устройств.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

РООПК-1.1 Знает фундаментальные законы природы и основные физические и математические законы

РООПК-1.2 Умеет применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера

РООПК-2.1 Знает методику выявления естественнонаучной сущности проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и методику привлечения физико-математического аппарата и современные компьютерных технологий для их решения

РООПК-2.2 Умеет выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности и привлекать для их решения физико-математический аппарат и современные компьютерные технологии

РООПК-3.1 Знает принципы планирования, разработки текущих и перспективных планов развития профессиональной сферы

РООПК-3.2 Умеет выбирать средства и технологии, в том числе с учетом последствий в профессиональной сфере, определять приоритеты профессиональной деятельности и способы ее совершенствования.

РООПК-4.1 Знает принципы построения технического задания

РООПК-4.2 Умеет использовать нормативные и справочные данные при разработке проектно конструкторской документации; оформлять проектно-конструкторскую документацию в соответствии со стандартами

РООПК-6.1 Знает основные методы и средства проведения экспериментальных исследований, способы обработки и представления данных, системы стандартизации и сертификации

РООПК-6.2 Умеет выбирать способы и средства измерений и проводить экспериментальные исследования

РОПК - 1.1 Знает модели математического описания процессов теплообмена

РОПК - 1.2 Умеет использовать стандартные методики и разрабатывать новые подходы математического моделирования

РОПК - 3.1 Знает фундаментальные законы в области теплофизики и механики сплошных сред

РОПК - 3.2 Умеет проводить компьютерный эксперимент в области теплофизики и аэрогидродинамики

2. Задачи освоения дисциплины

– Изучить основы теории горения порохов, закономерности процесса газообразования, постановку основной задачи внутренней баллистики.

– Научиться проводить обработку результатов манометрических исследований, рассчитывать скорость горения пороха в замкнутом объеме.

– Изучить основные процессы и периоды выстрела, аналитические и численные методы решения основной задачи, зависимости основных характеристик выстрела от параметров заряда и снаряда

– Научиться получать аналитическое и численное решение основной задачи внутренней баллистики, проводить анализ зависимостей баллистических параметров выстрела от условий заряжания.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к Блоку 1 «Дисциплины (модули)».

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, является обязательной для изучения.

4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине

Восьмой семестр, зачет

5. Входные требования для освоения дисциплины

Для успешного освоения дисциплины требуются компетенции, сформированные в ходе освоения образовательных программ предшествующего уровня образования.

Обучающийся должен знать:

- основы термодинамики;
- основы теоретической механики;
- основы математического анализа и линейной алгебры;
- основы численных методов вычислений.

Обучающийся должен уметь:

- решать обыкновенные дифференциальные уравнения;
- проводить численное интегрирование обыкновенных дифференциальных уравнений.

6. Язык реализации

Русский

7. Объем дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 з.е., 72 часов, из которых:

-лекции: 30 ч.

-практические занятия: 6 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Тема 1. Предмет и задачи внутренней баллистики ствольных систем

Введение. История развития внутренней баллистики. Деление внутренней баллистики на разделы. Основные обозначения и определения во внутренней баллистике

Тема 2. Пороха, заряды и их характеристики.

Виды и назначение взрывчатых веществ, пороха, их виды, свойства и формы, жидкие метательные вещества. Баллистические и физико-химические свойства порохов. Артиллерийские заряды и снаряды.

Тема 3. Горение пороха в замкнутом объеме

Общая характеристика процесса горения пороха в замкнутом объеме. Уравнение состояния пороховых газов. Общая формула пиростатики, формула для наибольшего давления. Опытное определение баллистических параметров пороха. Учет тепловых потерь в манометрических экспериментах.

Тема 4. Основные законы горения порохов

Геометрический и физический законы горения порохов. Скорость горения пороха, ее определение. Плотность заряжания и полный импульс давления пороховых газов. Интегральный критерий Шмица.

Тема 5. Закономерности процесса газообразования

Скорость газообразования при геометрическом законе горения. Дегрессивно и прогрессивно горящие формы пороховых зерен. Физический закон газообразования, функция формы Шарбонье, Г-функция Серебрякова и ее применение, влияние флегматизаторов и ингибиторов горения. Использование интегральных диаграмм.

Тема 6. Особенности различных режимов горения порохов

Срыв горения в поры. Особенности горения порохов с узкими каналами. Конвективный режим горения в пористых системах. Низкоскоростной режим взрывчатого превращения, переход горения в детонацию.

Тема 7. Основные процессы артиллерийского выстрела

Понятие об артиллерийском выстреле, общее устройство ствола, ведущих систем снаряда. Давление форсирования. Сопротивление ведущего пояска при движении снаряда по каналу ствола. Гладкоствольные системы. Движение и горение элементов метательного заряда.

Тема 8. Основная (прямая) задача внутренней баллистики

Классическая постановка основной задачи. Система уравнений, уравнение Резаля, коэффициент фиктивности массы, уравнение движения снаряда, начальные условия. Распределение скорости газа и давления в заснарядном пространстве. Влияние уширения камеры на характеристики выстрела. Учет тепловых потерь при выстреле.

Тема 9. Решение основной задачи внутренней баллистики в классической постановке

Интегрирование уравнений методом Дроздова для предварительного, первого и второго периодов выстрела. Условия достижения максимального давления выстрела. Иллюстрация и свойства аналитического решения.

Тема 10. Решение основной задачи при физическом законе газообразования.

Постановка задачи при использовании физического закона газообразования. Решение основной задачи при физическом законе горения заряда.

Тема 11. Численные методы решения основной задачи для орудия классической схемы

Численные методы решения задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений. Применение метода Рунге-Кутты для решения основной задачи внутренней баллистики ствольных систем.

Тема 12. Специальные методы баллистических расчетов

Безразмерные переменные, подобие орудий, Баллистические таблицы. Приближенные методы решения основной задачи. Упрощенные зависимости внутренней баллистики. Поправочные формулы. Слухоцкого, Ермолаева.

Тема 13. Период последствий пороховых газов

Основные физические процессы, сопровождающие период последствий. Дульные тормоза. Расчет движения снаряда и откатных частей орудия в период последствий.

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, выполнения заданий и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

Оценочные материалы текущего контроля размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» - <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Зачет в восьмом семестре проводится в письменной форме. Продолжительность зачета 1 час.

Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» - <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

11. Учебно-методическое обеспечение

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «iDO» - <https://lms.tsu.ru/course/view.php?id=24725>

б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

в) План практических занятий по дисциплине.

г) Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

1. Баллистика ствольных систем. / Под ред. Л.Н. Лысенко, А.М. Липанова, Машиностроение, 2006.

2. Ассовский И.Г. Физика горения и внутренняя баллистика М., Наука, 2005г

3. Хоменко Ю.П., Ищенко А.Н., Касимов В.З. Математическое моделирование внутрибаллистических процессов в ствольных системах Новосибирск, СО РАН, 1999.

4. Русяк И.Г., Ушаков В.М. Внутрикамерные гетерогенные процессы в ствольных системах. РАН, Екатеринбург, 2001.

5. Серебряков М.Е. Внутренняя баллистика ствольных систем и пороховых ракет. М.: Оборонгиз, 1962.
6. Термогазодинамические основы внутренней баллистики ствольных систем (Вилунов В.Н., Губарев А.В., Михайловский Ю.В. и др.) Пенза ПВИАУ, 1974
7. Чурбанов В.Е. Внутренняя баллистика Л.; ВАОЛКА, 1975.
8. Блинов А. Курс артиллерии ISBN 978-5-458-30510-5; 2012 г
9. Рассе. Дж. Баллистика ISBN 978-5-5129-0585-2; 2012 г.

б) дополнительная литература:

1. Баллистика / С.В. Беневольский, В.В. Бурлов, В.П. Казаковцев и др.; Под ред. Л.Н. Лысенко. Учебник для курсантов и слушателей ГРАУ. Пенза, ПАИИ, 2005
2. Губарев А.В., Михайловский Ю.В. Теплотехника и внутренняя баллистика ствольных систем и реактивных двигателей. М.: Изд-во МО СССР 1986
3. Чурбанов В.Е. Краткий курс баллистики С.-Пб. Изд-во БГТУ, 2000.
4. Энергетические конденсированные системы. Краткий энциклопедический словарь. Под ред. Академика Б.П. Жукова. М., Янус, 2000

в) ресурсы сети Интернет:

– Общероссийская Сеть КонсультантПлюс Справочная правовая система.
<http://www.consultant.ru>

13. Перечень информационных технологий

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

- Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office On-eNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook);
- публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.).

б) информационные справочные системы:

- Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ –
<http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>
- Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ –
<http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>
- ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>
- ЭБС Консультант студента – <http://www.studentlibrary.ru/>
- Образовательная платформа ЮПайт – <https://urait.ru/>
- ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>
- ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

14. Материально-техническое обеспечение

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Аудитории для проведения занятий практического типа, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

15. Информация о разработчиках

Ищенко Александр Николаевич, доктор физико-математических наук, Физико-технический факультет НИ ТГУ, профессор