

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

Физико-технический факультет

УТВЕРЖДЕНО:

Декан

Ю.Н. Рыжих

Оценочные материалы по дисциплине

Внутренняя баллистика ствольных систем

по направлению подготовки

16.03.01 Техническая физика

Направленность (профиль) подготовки:

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. Компетенции и индикаторы их достижения, проверяемые данными оценочными материалами

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 на всех этапах жизненного цикла объектов профессиональной деятельности и процессов, на основе оценки эффективности их результатов с учетом экономических, экологических, социальных и других последствий, а также нормативно-правового регулирования в сфере интеллектуальной собственности.

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 естественнонаучных и инженерных дисциплин и математические законы

РООПК-1.2 Умеет применять законы естественнонаучных и инженерных дисциплин 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 информационных 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 информационные технологии

РООПК-3.1 Знает методы оценки последствий экономических, экологических, социальных и других

РООПК-3.2 Знает основы нормативно-правового регулирования в сфере интеллектуальной собственности

РООПК-3.3 Умеет проводить оценку и анализ проекта с учетом требований нормативных документов

РООПК-3.4 Умеет выбирать современные технические средства и технологии, в том числе с учетом экологических, экономических, социальных и других последствий их применения при разработке проекта

РООПК-3.5 Умеет оценивать экологические последствия / безопасность для принятия технического решения

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

РООПК-6.3 Умеет обосновывать техническое решение на основе нормативных документов, регламентирующих НИОКР

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. Оценочные материалы текущего контроля и критерии оценивания

Элементы текущего контроля:

-индивидуальные задания;

Задание состоит из трех вопросов из различных разделов курса, направлен на проверку достижения индикаторов следующих компетенций (РООПК-1.2, РООПК-2.2, РООПК-2.1, РООПК-2.2, РООПК-3.1, РООПК-3.2, РООПК-4.1, РООПК-4.2, РООПК-6.1, РООПК-6.2, РОПК-1.1, РОПК-1.2, РОПК-3.1, РОПК-3.2). Задание выполняется как домашняя работа.

Перечень вопросов:

1. Что такое внутренняя баллистика?
2. Сформулировать прямую или основную задачу внутренней баллистики.
3. Что такое пиростатика и манометрическая бомба?
4. Что такое порох?
5. Какие пороха Вам известны?
6. Что такое ДРП?
7. Что такое сила пороха?
8. Что такое коволюм пороха?
9. Что такое толщина горящего свода пороха?
10. Что такое зажигание пороха?
11. Сколько и каких стадий, и зон горения выделяется в модели Беляева –Зельдовича?
12. Как реализуется конвективный механизм горения топлива?
13. Что такое геометрический закон горения?
14. Что такое физический закон горения?
15. Какие зависимости послышной скорости горения от давления Вам известны?
16. Чему равен полный импульс давления пороховых газов?
17. Что выражает интегральный критерий Шмица?
18. Записать закон быстроты газообразования при горении пороха и пояснить его составляющие.
19. Что такое коэффициенты формы порохового зерна?
20. Какие коэффициенты формы у порохового зерна в виде трубки и сферы.
21. Сфера - пороховое зерно прогрессивной или дегрессивной формы. Пояснить ответ.
22. Привести примеры порохов прогрессивной формы

23. Какая часть зерна Уолша сгорает в прогрессивном режиме?
24. На сколько процентов увеличивается поверхность горения семиканального зерна в процессе его выгорания.
25. Почему при горении пироксилиновых порохов простой формы (пластинка) кривые Гт и Гоп существенно различаются на начальном и конечном этапах горения. Как уменьшить это различие.
26. Записать термическое и калорическое уравнения состояния пороховых газов в форме Дюпре.
27. Как рассчитать коволюм и силу пороха по результатам опытов в манометрической бомбе.
28. Записать общую формулу пиростатики
29. Какие периоды выстрела Вам известны?
30. Какие физические процессы протекают в первом периоде выстрела?
31. В каком периоде выстрела достигается максимальное давление продуктов сгорания?
32. Перечислить основные виды второстепенных работ пороховых газов при выстреле.
33. Что такое «фиктивная масса» снаряда?
34. Записать уравнение баланса энергии при выстреле.
35. Какие параметры связывает уравнение Резаля?
36. Что такое параметр x при решении ПЗВБ?
37. Записать выражение для скорости снаряда в первом периоде выстрела.
38. Записать выражение для давления в первом периоде выстрела.
39. Записать формулу для дульной скорости снаряда.
40. Как влияют геометрические характеристики пороха на параметры выстрела?
41. Как влияет толщина горящего свода на параметры выстрела?
42. Как влияет давление форсирования на параметры выстрела?
43. Как влияет характер врезания ведущего пояска на параметры выстрела?
44. Дать определение начальной скорости снаряда, которая используется для расчета траектории полета снаряда. Как она определяется?
45. Записать выражение для максимальной скорости откатных частей орудия.
46. Что такое дульный тормоз? Как он работает?

Пример задания (РООПК-1.2, РООПК-2.2, РООПК-2.1, РООПК-2.2, РООПК-3.1, РООПК-3.2, РООПК-4.1, РООПК-4.2, РООПК-6.1, РООПК-6.2, РОПК-1.1, РОПК-1.2, РОПК-3.1, РОПК-3.2)

1. Какие физические процессы протекают в первом периоде выстрела
2. Записать уравнение баланса энергии при выстреле
3. Как рассчитать коволюм и силу пороха по результатам опытов в манометрической бомбе

Критерий оценивания: задание считается выполненным, если обучающийся ответил правильно (полностью или с небольшими неточностями) как минимум на два вопроса.

3. Оценочные материалы итогового контроля (промежуточной аттестации) и критерии оценивания

Промежуточная аттестация реализуется в форме зачета. В ходе подготовки и сдачи зачета проверяются следующие результаты: РООПК-1.2, РООПК-2.2, РООПК-2.1, РООПК-2.2, РООПК-3.1, РООПК-3.2, РООПК-4.1, РООПК-4.2, РООПК-6.1, РООПК-6.2, РОПК-1.1, РОПК-1.2, РОПК-3.1, РОПК-3.2.

К зачету допускается студент, посетивший более 75% занятий, либо выполнивший все задания по пропущенным занятиям на основе вопросов по п.2 настоящих ОМД. Зачет

проводится в письменной форме. Продолжительность зачета 1 час. В билет включаются два теоретических вопроса.

Перечень вопросов для проведения промежуточной аттестации:

1. Предмет и задачи внутренней баллистики
2. Деление внутренней баллистики на разделы
3. Пороха и их характеристики, классификация порохов
4. Физико-химические и баллистические характеристики порохов, режимы химического превращения
5. Кондуктивный механизм горения пороха
6. Конвективный механизм горения пороха, переход горения в детонацию
7. Геометрический и физический законы горения пороха
8. Законы скорости горения пороха
9. Плотность заряжания и полный импульс давления пороховых газов. Критерий Шмица.
10. Быстрота газообразования.
11. Связь между законом газообразования и геометрией порохового зерна (пороха депрессивной формы).
12. Особенности горения порохов прогрессивной формы.
13. Применение физического закона горения.
14. Уравнение состояния пороховых газов.
15. Уравнение для максимального давления в манометрической бомбе.
16. Методики определения силы пороха и коволюма пороховых газов по результатам манометрических испытаний.
17. Общая формула пиростатики.
18. Учет наличия воспламенителя при горении пороха в замкнутом объеме.
19. Периоды выстрела и их характеристики.
20. Уравнение баланса энергии при выстреле.
21. Основное уравнение внутренней баллистики.
22. Постановка основной задачи внутренней баллистики (ОЗВБ): основные допущения, система уравнений
23. Решение ОЗВБ для предварительного периода выстрела.
24. Решение ОЗВБ для первого периода выстрела
25. Решение ОЗВБ для второго периода выстрела
26. Связь давления на дне канала ствола, дне снаряда и среднего давления
27. Условие достижения максимального давления выстрела
28. Влияние силы пороха, веса заряда и веса снаряда на баллистические характеристики выстрела
29. Влияние толщины горящего свода на баллистические характеристики выстрела
30. Влияние формы пороха и его размеров на баллистические характеристики выстрела
31. Постановка ОЗВБ при использовании физического закона газообразования
32. Применение метода Рунге-Кутты для решения основной задачи внутренней баллистики ствольных систем.
33. Основные физические процессы, сопровождающие период последействия
34. Устройство и назначение дульного тормоза.

Пример билета (РООПК-1.2, РООПК-2.2, РООПК-2.1, РООПК-2.2, РООПК-3.1, РООПК-3.2, РООПК-4.1, РООПК-4.2, РООПК-6.1, РООПК-6.2, РОПК-1.1, РОПК-1.2, РОПК-3.1, РОПК-3.2)

1. Физико-химические и баллистические характеристики порохов, режимы химического превращения
2. Основное уравнение внутренней баллистики.
3. Методики определения силы пороха и коволюма пороховых газов по результатам манометрических испытаний.

Первый вопрос касается общих понятий, связывающих внутреннюю баллистику с другими разделами физики и химии (ОПК-2, ОПК-3).

Второй вопрос касается математического описания основных процессов теоретической и экспериментальной части внутренней баллистики ствольных систем (ОПК-1, ОПК-6)

Третий вопрос касается расчета конкретных баллистических параметров пороха по результатам экспериментальных манометрических исследований (ОПК-4, ОПК-6, ПК-2)

Критерии оценивания:

Результаты зачета определяются оценками «зачтено», «не зачтено».

Оценка «зачтено» выставляется, если студентом даны правильные, развернутые ответы или содержатся незначительные фактические ошибки.

Оценка «не зачтено» выставляется при отсутствии знаний у студента по вопросам.

4. Оценочные материалы для проверки остаточных знаний (сформированности компетенций)

Проверка остаточных знаний проводится в форме задания, проверяющих РООПК-1.2, РООПК-2.2, РООПК-2.1, РООПК-2.2, РООПК-3.1, РООПК-3.2, РООПК-4.1, РООПК-4.2, РООПК-6.1, РООПК-6.2, РОПК-1.1, РОПК-1.2, РОПК-3.1, РОПК-3.2.

Вопросы для проведения проверки остаточных знаний

1. Баллистические и физико-химические свойства порохов
2. Виды артиллерийских зарядов
3. Структура фронта волны кондуктивного горения по модели Беляева-Зельдовича
4. Структура фронта волны конвективного горения.
5. Общая формула пиростатики
6. Опытное определение силы пороха и коволюма
7. Опытное определение закона скорости горения
8. Скорость газообразования при геометрическом и физическом законе горения
9. Г-функция Серебрякова и особенности ее применения
10. Дегрессивно и прогрессивно горящие формы пороховых зерен.
11. Использование интегральных диаграмм
12. Классическая постановка основной задачи внутренней баллистики.
13. Распределение скорости газа и давления в заснарядном пространстве.
14. Решение ОЗВБ для предварительного и первого периода выстрела
15. Решение ОЗВБ для второго периода выстрела
16. Постановка ОЗВБ при использовании физического закона газообразования
17. Влияние характеристик снаряда, свойств пороха и давления форсирования на баллистические параметры выстрела
18. Применение метода Рунге-Кутты для решения основной задачи внутренней баллистики ствольных систем.
19. Основные физические процессы, сопровождающие период последствий
20. Устройство и назначение дульного тормоза.

Примеры заданий

Задание 1

1. Структура фронта волны кондуктивного горения по модели Беляева-Зельдовича
2. Классическая постановка основной задачи внутренней баллистики.
3. Опытное определение закона скорости горения

Задание 2

1. Общая формула пиростатики
2. Применение метода Рунге-Кутты для решения основной задачи внутренней баллистики ствольных систем
3. Опытное определение силы пороха и коволюма

Критерии оценивания:

Задание на проверку остаточных знаний считается пройденным, если получены правильные ответы на все вопросы задания.

Информация о разработчиках

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