

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

Физико-технический факультет



Ю.Н. РЫЖИХ

06 20 22 г.

Рабочая программа дисциплины

Методы экспериментального исследования характеристик высокоэнергетических материалов

по направлению подготовки

24.04.03 Баллистика и гидроаэродинамика

Направленность (профиль) подготовки :
Баллистика ракетно-ствольных систем

Форма обучения
Очная

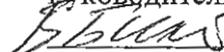
Квалификация
Магистр

Год приема
2022

Код дисциплины в учебном плане: Б1.В.03

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОПОП

 В.И. Биматов

Председатель УМК

 В.А. Скрипняк

Томск – 2022

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

Физико-технический факультет

УТВЕРЖДАЮ:

Декан

_____ Ю.Н. Рыжих

« ____ » _____ 20____ г.

Рабочая программа дисциплины

**Методы экспериментального исследования характеристик высокоэнергетических
материалов**

по направлению подготовки

24.04.03 Баллистика и гидроаэродинамика

Направленность (профиль) подготовки :
Баллистика ракетно-ствольных систем

Форма обучения

Очная

Квалификация

Магистр

Год приема

2022

Код дисциплины в учебном плане: Б1.В.03

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОПОП

_____ В.И. Биматов

Председатель УМК

_____ В.А. Скрипняк

Томск – 2023

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-1 Способен самостоятельно приобретать, развивать и применять математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для решения нестандартных задач, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте.

ПК-1 Способен к проведению работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК 1.1 Знать основные положения математики, естественных и социально-экономических наук

ИОПК 1.2 Уметь развивать полученные знания и применять их для решения нестандартных задач.

ИОПК 1.3 Владеть способами адаптации к работе в новой среде.

ИПК 1.1 Знает методы анализа научных данных

ИПК 1.2 Умеет применять актуальную нормативную документацию в соответствующей области знаний.

ИПК 1.3 Осуществляет организацию сбора и изучения научно-технической информации по теме исследований и разработок

2. Задачи освоения дисциплины

– Освоить современные методы экспериментального исследования характеристик высокоэнергетических материалов.

– Научиться применять понятийный аппарат дисциплины для выполнения итогового практического задания – «Проект разработки топлива с заданными характеристиками для летательного аппарата».

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к Блоку 1 «Дисциплина (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

Первый семестр, экзамен

5. Входные требования для освоения дисциплины

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

6. Язык реализации

Русский

7. Объем дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 часов, из которых:

-лекции: 10 ч.

-лабораторные: 12 ч.

-практические занятия: 12 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Тема 1 Введение в курс. Современные методы экспериментального исследования характеристик высокоэнергетических материалов (ВЭМ)

Краткое содержание темы. Компоненты ВЭМ. Физико-кинетические характеристики ВЭМ.

Тема 2. Методы исследования дисперсного состава компонентов ВЭМ.

Краткое содержание темы. Определение гранулометрического состава. Определение удельной поверхности порошков методом БЭТ. Определение физико-химических характеристик порошка алюминия. Исследование характеристик термического разложения компонентов ВЭМ.

Тема 3. Методы зажигания ВЭМ:

Краткое содержание темы. Кондуктивный метод зажигания исследуемого вещества. Лучистое зажигание. Лазерное зажигание.

Тема 4. Методы определения стационарной скорости горения в широком диапазоне давлений.

Краткое содержание темы. Скорость горения в вакууме. Скорость горения в атмосфере воздуха. Скорость горения в приборе постоянного давления. Зависимость показателя степени в законе скорости горения от коэффициента избытка окислителя.

Тема 5. Определение законов горения ВЭМ.

Краткое содержание темы. Законы горения. Степенной закон горения. Показатель степени в степенном законе горения.

Тема 6. Диагностика дисперсности и химического состава продуктов сгорания ВЭМ

Краткое содержание темы. Рентгеноструктурный анализ продуктов горения. Дифрактометр XRD-6000. Рентгенофазовый анализ.

Тема 7. Методика расчета компонентного состава ВЭМ.

Краткое содержание темы. Расчет эквивалентной формулы для индивидуальных веществ и расчет коэффициента избытка окислителя этих веществ.

Тема 8. Расчет компонентного состава смесового твердого топлива по заданному коэффициенту избытка окислителя.

Тема 9. Методика термодинамического расчета энергетических характеристик ВЭМ.

Краткое содержание темы. Уравнения сохранения вещества, уравнения диссоциации, закон Дальтона. Метод Ньютона.

Тема 10. Программный комплекс «TERRA».

Краткое содержание темы. Исходные данные для термодинамического расчета. Интерпретация результатов термодинамического расчета.

Тема 11. Проект разработки топлива с заданными характеристиками для летательного аппарата.

Краткое содержание темы. Этапы выполнения проекта: выбор компонентов топлива, расчет компонентных составов, термодинамическое моделирование и расчет энергетических характеристик топлива, определение параметров формальной кинетики и

скорости горения топлива, анализ продуктов сгорания топлива, оценка эффективности топлива.

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, проведения контрольных работ, тестов по лекционному материалу, выполнения домашних заданий, и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Экзамен в первом семестре проводится в письменной форме по билетам. Экзаменационный билет состоит из трех частей. Продолжительность экзамена 1,5 часа.

Первая часть представляет собой тест из 5 вопросов/задач, проверяющих ПК-3. Ответы на вопросы первой части даются путем выбора из списка предложенных. Некоторые задачи требуют вычисления. Тест проходит на платформе Moodle курс «Методы экспериментального исследования характеристик ВЭМ».

Вторая часть содержит два вопроса, проверяющие ПК-3. Ответы на вопросы второй части даются в письменном виде и в развернутой форме.

Третья часть содержит 2 вопроса, к задачам по первой части, проверяющие ПК-3. Необходимо дать краткую интерпретацию полученных результатов решения задач.

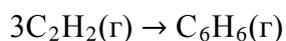
Примерный перечень теоретических вопросов

1. Основные компоненты смесового твердого топлива.
2. Методы исследования дисперсного состава компонентов ВЭМ.
3. Определение удельной поверхности порошков методом БЭТ.
4. Зависимость скорости горения от давления.
5. Степенной закон скорости горения.
6. Горение веществ в вакууме.
7. Горения ВЭМ в приборе постоянного давления.
8. Факторы, влияющие на показатель степени в законе скорости горения.
9. Удельный импульс. Тяга двигателя.
10. Расчет эквивалентной формулы простых веществ.
11. Расчет коэффициента избытка окислителя (α).
12. Программа термодинамического расчета «TERRA».
13. Влияние давления на скорость горения смесевых твердых топлив.
14. Расчет энергии активации и предэкспонента из опытов по зажиганию нагретым блоком.
15. Расчет энергии активации и предэкспонента из опытов по зажиганию световым потоком.

Примеры задач:

1. Рассчитать эквивалентные формулы для следующих индивидуальных веществ: $C_6H_6N_{12}O_{12}$, $KClO_4$. Определить коэффициент избытка окислителя (α) для этих веществ.

2. Определить изменение энергии Гиббса в ходе протекания химического процесса. Установить возможность протекания химической реакции (самопроизвольное, не самопроизвольное, равновесное)



при температуре 298 К, если известны стандартные изменения энергии Гиббса образования веществ:

$$\Delta G^{\circ 298}(C_2H_2)=209.21 \text{ кДж/моль}; \Delta G^{\circ 298}(C_6H_6)=129.68 \text{ кДж/моль}.$$

Результаты экзамена определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Оценки «отлично» заслуживает обучающийся, показывающий всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, умение свободно выполнять практические задания.

Оценки «хорошо» заслуживает обучающийся, показывающий полное знание учебного материала, допустившим незначительные погрешности при выполняющий практические задания.

Оценки «удовлетворительно» заслуживает обучающийся, показавший знания основного учебного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии; допустившим погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладающим необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении практических заданий.

К оценочным средствам результатов обучения относятся: устный опрос (экзамен), контрольная работа. А также лабораторная работа, творческие задания, презентация, доклад, сообщение, реферат.

11. Учебно-методическое обеспечение

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» – <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=22435>.

б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине представлены в курсе Moodle <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=22435>.

в) План практических занятий по дисциплине.

1. Выбор компонентов высокоэнергетического топлива с учетом теплофизических характеристик.

2. Классификация методов экспериментальных исследований физико-химических характеристик ВЭМ.

3. Расчет теплофизических параметров смесевых композиций на основе термодинамических уравнений.

4. Применение программного комплекса «TERRA». Анализ результатов термодинамического расчета энергетических характеристик топлива.

5. Расчет удельного импульса и тяги двигателя.

6. Этапы проектирования топлива с заданными характеристиками.

г) Методические указания по проведению лабораторных работ представлены в курсе Moodle.

Темы лабораторных работ.

1. Расчет эквивалентных формул индивидуальных веществ и расчет коэффициента избытка окислителя этих веществ.

2. Расчет компонентных составов смесевых композиций по заданному коэффициенту избытка окислителя

3. Расчет параметров формальной кинетики по зажиганию образцов нагретым блоком.

4. Расчет параметров формальной кинетики по зажиганию образцов световым потоком.

5. Определение закона скорости горения топлива в диапазоне субатмосферных давлений.
6. Определение закона скорости горения топлива при рабочих давлениях в двигателе.

д) Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.

При проведении самостоятельной работы предлагается индивидуальное задание.

Написать реферат на основе научных статей из журналов "Физика горения и взрыва", "Химическая физика" на темы:

- 1) Исследование характеристик горения термитных систем.
- 2) Влияние энергетических характеристик топлив на баллистические характеристики летательных систем.

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

– Ерохин, Б. Т. Теория и проектирование ракетных двигателей : учебник / Б. Т. Ерохин. – Санкт-Петербург : Лань, 2021. – 608 с. URL: <https://e.lanbook.com/book/168767> (дата обращения: 04.03.2022).

– Гремячкин В. М. Гетерогенное горение частиц твердых топлив / В. М. Гремячкин. – М. : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2015. – 230 с.

– Физика и химия горения нанопорошков металлов в азотсодержащих газовых средах / Под ред. Громова А.А. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2007. – 332 с.

– Теория горения и взрыва: высокоэнергетические материалы : учебное пособие для вузов / В. В. Андреев, А. В. Гуськов, К. Е. Милевский, Е. Ю. Слесарева. – Москва : Издательство Юрайт, 2018. – 325 с. – (Университеты России). – ISBN 978-5-534-04377-8. – Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/415249> (дата обращения: 05.03.2022)э

– Гусев А. И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. – М.: Наука-Физматлит, 2007. – 416 с.

б) дополнительная литература:

– Горбенко Т. И. Методы экспериментального исследования характеристик высокоэнергетических материалов : учебно-методический комплекс / Т. И. Горбенко , М. В. Горбенко ; Том. гос. ун-т, [Ин-т дистанционного образования]. - Томск : [ИДО ТГУ], 2012. - . URL: <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Repository/vtls:000461066>

– Теория горения и взрыва : учеб.-метод. пособие /О.М. Зиновьева [и др.]; под ред. Б.С. Мастрюкова. – М.: Изд. Дом МИСиС, 2014. –102 с.

– Жуков Б.П. Энергетические конденсированные системы. Краткий энциклопедический словарь. – М.: Янус-К, 2000. – 596 с.

– Ягодников Д.А. Воспламенение и горение порошкообразных металлов. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. – 432 с.

– Ассовский И.Г. Физика горения и внутренняя баллистика. – М.: Наука. 2005, – 357 с.

– Шленский О.Ф. Горение и взрыв материалов. – М.: Машиностроение, 2012. – 216 с.

– Белов Г.В. Термодинамическое моделирование: методы, алгоритмы, программы.– М.: Научный Мир, 2002. – 184с.

в) ресурсы сети Интернет:

– Горбенко Т. И. Методы экспериментального исследования характеристик высокоэнергетических материалов : учебно-методический комплекс / Т. И. Горбенко , М. В. Горбенко ; Том. гос. ун-т, [Ин-т дистанционного образования]. – Томск : [ИДО ТГУ],

2012. – . URL: <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Repository/vtls:000461066>. Интернет сеть ТГУ: <http://edu.tsu.ru/eor/resourse/759/tpl/index.html>.

– Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU [Электронный ресурс]. – Электрон.дан. – М., 2000- . – URL: <http://elibrary.ru/defaultx.asp>

– 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);

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 Юрайт – <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 семинарского 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.

Лаборатория теплофизических измерений. ТГУ, ФТФ.

15. Информация о разработчиках

Горбенко Татьяна Ивановна, кандидат физико-математических наук, доцент, Томский государственный университет, Физико-технический факультет, кафедра Прикладной газовой динамики и горения, доцент.