

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

**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

**2023**

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОПОП

К.С. Рогаев

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 «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**

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)

Компоненты ВЭМ. Физико-кинетические характеристики ВЭМ.

Тема 2. Методы исследования дисперсного состава компонентов ВЭМ.

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:

Кондуктивный метод зажигания исследуемого вещества. Лучистое зажигание. Лазерное зажигание.

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

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.

Законы горения. Степенной закон горения. Показатель степени в степенном законе горения.

Тема 6. Диагностика дисперсности и химического состава продуктов сгорания ВЭМ

Рентгеноструктурный анализ продуктов горения. Дифрактометр XRD-6000. Рентгенофазовый анализ.

Тема 7. Методика расчета компонентного состава ВЭМ.

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.

Уравнения сохранения вещества, уравнения диссоциации, закон Дальтона. Метод Ньютона.

Тема 10. Программный комплекс «TERRA».

Исходные данные для термодинамического расчета. Интерпретация результатов термодинамического расчета.

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

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.

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

Экзамен в первом семестре проводится в письменной форме. Продолжительность экзамена 1,5 часа.

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 «Moodle» - <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=22435>

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:

– 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. Матрюкова. – 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/resource/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);
- 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 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 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**

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

