

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

**Химическая физика теплового взрыва, зажигания  
и горения высокоэнергетических веществ**

по направлению подготовки

**16.04.01 Техническая физика**

Направленность (профиль) подготовки:

**Компьютерный инжиниринг высокоэнергетических систем**

Форма обучения

**Очная**

Квалификация

**Магистр**

Год приема

**2025**

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОПОП

А.Ю. Крайнов

А.В. Шваб

Л.Л. Миньков

Председатель УМК

В.А. Скрипняк

Томск – 2025

## **1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины**

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-2 Способен использовать углубленные теоретические и практические знания фундаментальных и прикладных наук, в том числе технической физики;.

ПК-1 Способен составлять теплофизические модели профессиональных задач по определению теплового режима на практике, находить способы их решения и интерпретировать профессиональный, физический смысл полученного математического результата.

ПК-2 Способен самостоятельно применять знания на практике, в том числе составлять математические модели профессиональных задач, находить способы их решения, интерпретировать физический смысл полученного математического результата и документировать его в виде отчета.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК 2.1 Знать фундаментальные законы природы, основные законы и понятия естественно- научных и инженерных дисциплин.

ИОПК 2.2 Уметь на основе знаний по профильным разделам математических и естественно-научных дисциплин формировать собственные суждения при решении конкретных задач теоретического и прикладного характера.

ИОПК 2.3 Владеть навыками использования знаний физики и математики при решении практических задач в различных областях технической физики.

ИПК 1.1 Знать фундаментальные законы теплофизики и их математическое описание применительно к определению тепловых режимов РКТ.

ИПК 1.2 Уметь составлять математические модели профессиональных задач в области теплофизики и находить способы их решения.

ИПК 1.3 Владеть навыками численного, компьютерного моделирования задач теплофизики и анализа и интерпретации получаемых результатов.

ИПК 2.1 Знать способы математического моделирования в области вычислительной теплофизики, аэрогазодинамики, теории горения

ИПК 2.2 Уметь составлять математические модели профессиональных задач и находить способы их решения

ИПК 2.3 Владеть навыками анализа и интерпретации результатов математического моделирования

## **2. Задачи освоения дисциплины**

В результате изучения дисциплины обучающийся получит знания основных закономерностей и скоростей прохождения химических высокоэнергетических процессов, освоит приемы моделирования и основные методы исследования процессов взрывчатого превращения, будет уметь анализировать условия теплового самовоспламенения и зажигания, определять режимы и параметры воспламенения и горения высокоэнергетических систем.

## **3. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

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

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, предлагается обучающимся на выбор. Дисциплина входит в модуль Профессиональный модуль «Макрокинетика горения высокоэнергетических материалов».

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

Первый семестр, зачет

#### **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.

-практические занятия: 20 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

#### **8. Содержание дисциплины, структурированное по темам**

Тема 1. Стационарная теория теплового взрыва Н.Н. Семенова.

Моделирование процессов теплового воспламенения и горения высокоэнергетических веществ. Математическая постановка задач, параметры подобия. Основные критериальные параметры и параметры вырождения процессов теплового воспламенения. Стационарная теория теплового взрыва Н.Н. Семенова.

Тема 2. Стационарная теория теплового взрыва Д.А. Франк-Каменецкого.

Математическая постановка задачи в теории теплового взрыва Д.А. Франк-Каменецкого. Аналитическое решение задачи для плоскопараллельного реакционного сосуда. Сравнение стационарных теорий теплового взрыва.

Тема 3. Нестационарная теория теплового взрыва.

Математическая постановка. Период индукции. Поправка на выгорание. Квазистационарная теория теплового взрыва систем с самоускоряющейся в изотермических условиях кинетикой. Временные характеристики в квазистационарной теории.

Тема 4. Теория зажигания высокоэнергетических веществ (ВВ) накаливаемой поверхностью.

Термины теории зажигания конденсированных взрывчатых веществ. Стационарная теория зажигания Я.Б. Зельдовича. Зажигание к-вещества горячим телом при импульсном подводе тепла. Нестационарная теория зажигания горячей поверхностью с точки зрения химического пограничного слоя.

Тема 5. Теория зажигания ВВ лучистым потоком.

Математическая постановка задачи зажигания потоком излучения. Критерий зажигания. Адиабатический метод В.Н. Виллюнова.

Тема 6. Теория ламинарного распространения пламени в газах.

Основная задача теории горения. Подobie температурного и концентрационного полей. Метод Я.Б. Зельдовича и Д.А. Франк-Каменецкого определения скорости нормального распространения пламени.

## **9. Текущий контроль по дисциплине**

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, проведения тестов по лекционному материалу, выполнения элементов курса в образовательной электронной среде, 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 первом семестре проводится в устной форме по билетам. Экзаменационный билет состоит из одной части. 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=25776>

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

## **12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет**

а) основная литература:

1. Д.А. Франк-Каменецкий. Основы макрокинетики. Диффузия и теплопередача в химической кинетике. Долгопрудный: 2008. 408с.;
2. Буркина Р.С., Прокофьев В.Г. Основы химической кинетики: учебное пособие. – Томск: Издательский дом Томского государственного университета. 2016. -112 с.
3. Коробейничев О. П. Физика и химия горения: Учеб. пособие. – Новосибирск: Новосиб. гос. ун-т, 2011, 250 с.
4. Ассовский И.Г. Физика горения и внутренняя баллистика. – М., «Наука», 2005, 357 с.
5. Штейнберг А.С. Быстрые реакции в энергоемких системах. – М.: «Физматлит», 2006, 208 с.
6. Вилюнов В.Н. Теория зажигания конденсированных веществ. - Новосибирск, "Наука", 1984, 187 с.

дополнительная литература:

1. Зельдович Я.Б., Баренблатт Г.И., Либрович В.Б., Махвиладзе Г.И. Математическая теория горения и взрыва. - М., «Наука», 1980, 478с.
2. Зельдович Я.Б. Избранные труды. Химическая физика и гидродинамика. - М., "Наука", 1984, 374 с.
3. Худяев С.И. Пороговые явления в нелинейных уравнениях. – М.: «Физматлит», 2003, 272 с.
4. Коробейничев О.П. Химическая физика горения. – Новосибирск: Новосиб. гос. ун-а, 2003, 163 с.
5. Штиллер В. Уравнение Аррениуса и неравновесная кинетика. – М.: "Мир", 2000, 176 с.
6. Теория горения и взрыва. / Под ред. Фролова Ю.В. - М., "Наука", 1981, 412 с.

7. Теория горения порохов и взрывчатых веществ. / Под ред. Лейпунского О.И., Фролова Ю.В. - М., «Наука», 1982, 336 с
8. Зельдович Я.Б. Избранные труды. Химическая физика и гидродинамика. - М., "Наука", 1984, 374 с.

### 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 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.

Аудитории для проведения занятий лекционного и семинарского типа индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации в смешенном формате («Актру»).

### 15. Информация о разработчиках

Прокофьев Вадим Геннадьевич, д.ф.-м.н., доцент, профессор кафедры математической физики ФТФ ТГУ