

Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Б1.В.09 Физика взрыва

---

наименование дисциплины (модуля) в соответствии с учебным планом

Направление подготовки / специальность

03.03.02 Физика

---

Направленность (профиль)

03.03.02.32 Фундаментальная физика

---

Форма обучения

очная

---

Год набора

2021

---

Красноярск 2023

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Программу составили \_\_\_\_\_

канд.техн.наук, доцент, А.А. Дектерев

должность, инициалы, фамилия

## 1 Цели и задачи изучения дисциплины

### 1.1 Цель преподавания дисциплины

Целью изучения дисциплины является формирование у студентов основы системы знаний о процессах горения и умений решать фундаментальные и прикладные задачи теории взрыва горения.

### 1.2 Задачи изучения дисциплины

В результате изучения дисциплины студент должен приобрести знания, умения и навыки, необходимые для его профессиональной деятельности по направлению "Фундаментальная физика".

### 1.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине
<b>ПК-1: Способен использовать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования, информационные ресурсы в своей предметной области физики и техники</b>	
ПК-1.1: Понимает цели и задачи проводимых физических исследований и технических разработок	Границы физики горения как области знаний Проблематику исследовательской деятельности в области физики горения Основные достижения в области физики горения применительно к собственной научной деятельности Оценивать принадлежность того или иного исследования к конкретной области в физике Оценивать соответствие задач целям исследований Формулировать цели и задачи собственного научного исследования Навыками поиска информации, релевантной к конкретной постановке задачи исследования Навыками анализа информации и выявления внутренних взаимосвязей исследований Навыками формулирования задач научных исследований

<p>ПК-1.2: Собирает, обрабатывает, анализирует и обобщает передовой отечественный и международный опыт в соответствующей области физических и технических исследований</p>	<p>Основные источники и каналы распространения научно-технической информации          Основную терминологию в области физики горения          Принципы оценивания достоверности научно-технической информации          Обращаться с поисковыми системами          Оценивать значимость результатов конкретного исследования применительно к собственному направлению работы          Обобщать результаты поисков в форме обзора          Навыками формулирования запросов в поисковых системах</p>
	<p>Навыками оценивания релевантности конкретного исследования на основании аннотаций          Навыками работы с патентными информационными системами</p>
<p>ПК-1.3: Использует методы анализа научно-технической информации</p>	<p>Основные методы преобразования алгебраических и дифференциальных соотношений          Основные методы экспериментального исследования процессов горения          Основные методы и подходы теоретического анализа процессов горения          Проводить вычислительные оценки параметров процессов горения          Самостоятельно воспроизводить логику математических преобразований          Анализировать характер математической модели исходя из вида используемых дифференциальных соотношений          Навыками статистического анализа          Навыками работы с базами данных научной информации          Навыками анализа результатов численного моделирования</p>

#### 1.4 Особенности реализации дисциплины

Язык реализации дисциплины: Русский.

Дисциплина (модуль) реализуется без применения ЭО и ДОТ.

## 2. Объем дисциплины (модуля)

Вид учебной работы	Всего, зачетных единиц (акад.час)	е
		1
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>2 (72)</b>	
занятия лекционного типа	1 (36)	
практические занятия	1 (36)	
<b>Самостоятельная работа обучающихся:</b>	<b>1 (36)</b>	
курсовое проектирование (КП)	Нет	
курсовая работа (КР)	Нет	

### 3 Содержание дисциплины (модуля)

#### 3.1 Разделы дисциплины и виды занятий (тематический план занятий)

		Контактная работа, ак. час.							
№ п/п	Модули, темы (разделы) дисциплины	Занятия лекционного типа		Занятия семинарского типа				Самостоятельная работа, ак. час.	
				Семинары и/или Практические занятия		Лабораторные работы и/или Практикумы			
		Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС
<b>1. РАЗДЕЛ 1. Основы физики горения и взрыва</b>									

<p>1. Тема 1. Физико-химические основы теории горения – Классификация химических реакций. Химическое равновесие реакций горения. Константы равновесия для реакций горения и диссоциации. Кинетика химических реакций горения. Зависимость скорости химического реагирования от давления, температуры, концентраций компонент.</p> <p>Тема 2. Аэродинамика процессов горения – Движение газовых струй, прямоточные и закрученные турбулентные струи. Движение частиц в потоке, физическое моделирование аэродинамики топок. Математическое моделирование турбулентной аэродинамики и движения частиц.</p> <p>Тема 3. Диффузия и массообмен – Общие соотношения в молекулярной диффузии. Диффузия в турбулентном потоке. Критерии подобия, математическое моделирование переноса тепла и примесей в турбулентном потоке.</p> <p>Тема 4. Горение газового топлива. Основы теории горения. Самовоспламенение топливо-воздушных смесей. Зажигание смеси, распространение пламени. Определение кинетических констант горения. Турбулентное распределение пламени. Математическое моделирование газофазного горения.</p> <p>Тема 5. Горение углерода – Стадии горения частиц твердого топлива. Теория гетерогенного горения. Процесс химического реагирования углерода, внутреннее реагирование углерода, удельная скорость горения углерода)</p>	12							
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----	--	--	--	--	--	--	--

2. Изучение влияния зависимостей скорости химического реагирования от давления, температуры, концентраций компонент			4					
3. Расчет аэродинамики топок и движения частиц в потоке			4					
4. Критерии подобия процессов переноса тепла и компонент газовой среды в турбулентном потоке			4					
5. Темы 1-5. Практические занятия темы 1-3.							18	
6. Раздел 1								
<b>2. РАЗДЕЛ 2. Горелочные устройства и камеры сгорания</b>								
1. Тема 6. Горение пылевидных топлив – Процесс горения пылевидных топлив. Горение частиц пылевидного топлива в факеле. Горение полифракционного факела. Обработка данных испытаний. Кинетические константы, подходы при математическом моделировании факельного горения пылеугольного топлива. Тема 7. Сжигание твердых топлив в камерных топках – Методы сжигания. Сжигание в прямоточном факеле. Сжигание в вихревом факеле. Сжигание в кипящем слое. Методы исследования сжигания пылевидных топлив. Тема 8. Образование вредных выбросов и технологические методы их подавления – Механизмы образования оксидов азота, методы их расчета. Использование сорбентов при подавлении SO <sub>2</sub> .	12							
2. Определение условий самовоспламенения топливо-воздушных смесей. Расчет скорости распространения пламени			4					



3. Расчет удельной скорости горения углерода			2					
4. Формулировка математической модели горения частиц угольной пыли			2					
5. Расчет скорости образования оксидов азота в различных механизмах реакции			4					
6. Темы лекций 6-8. Практические занятия темы 4-7.							18	
<b>3. РАЗДЕЛ 3. Численное моделирование процессов горения</b>								
1. Тема 9. Математические модели и пакеты программ для моделирования процессов горения и теплообмена в топочных камерах – Методология исследований процессов горения при помощи численного моделирования. Этапы исследования: численной модели, расчет и анализ результатов. Универсальные пакеты программ моделирования процессов горения, аэродинамики и теплообмена. Специализированные программные продукты.	12							
2. Рассмотрение математических моделей для решения задач по сжиганию угольного топлива			4					
3. Ознакомление с пакетом программ вычислительной гидродинамики «SigmaFlame». Решение с его помощью прикладных задач			8					
4. Тема 9. Практические занятия 8-9								
5. Раздел 2. Раздел 3								
Всего	36		36				36	

## **4 Учебно-методическое обеспечение дисциплины**

### **4.1 Печатные и электронные издания:**

1. Алемасов В. Е., Дрегалин А. Ф., Черенков А. С. Основы теории физико-химических процессов в тепловых двигателях и энергетических установках: учеб. пособие(Москва: Химия).
2. Лойцянский Л. Г. Механика жидкости и газа: учебник для вузов(Москва: Дрофа).
3. Самарский А. А., Вабищевич П. Н. Вычислительная теплопередача: научное издание(Москва: Едиториал УРСС).
4. Патанкар С., Виленский В. Д. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости: пер. с англ.(Москва: Энергоатомиздат).
5. Хзмаян Д.М., Каган Я.А., Хзмаян Д.М. Теория горения и топочные устройства: учеб. пособие для студ. теплоэнерг. спец. вузов(Москва: Энергия).
6. Оран Э. С., Борис Дж. П., Зимонт В. Л., Чушкин П. И. Численное моделирование реагирующих потоков: перевод с английского(Москва: Мир).
7. Алексеев Б. В., Гришин А. М. Физическая газодинамика реагирующих сред: учебное пособие для студентов механико-математических и физических специальностей высших учебных заведений(Москва: Высшая школа).
8. Канторович Б. В. Гидродинамика и теория горения потока топлива: научное издание(М.: Металлургия).

### **4.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства (программное обеспечение, на которое университет имеет лицензию, а также свободно распространяемое программное обеспечение):**

1. Microsoft Windows, Microsoft office, SigmaFlame

### **4.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы:**

1. Электронный каталог [Электронный ресурс]: Информация о конференциях в области теплофизики и теплотехники, ссылки на важные публикации и сайты программного обеспечения – Режим доступа: <http://www.thermophysics.ru>
2. Электронный каталог [Электронный ресурс]: научная электронная библиотека, предоставляющая доступ к аннотациям научных журналов списков Web of Science, РИНЦ – Режим доступа: <http://www.elibrary.ru>
3. Электронный каталог [Электронный ресурс]: база данных теплофизических свойств веществ, поддерживаемая Национальным институтом стандартов и технологий – Режим доступа: <http://www.webbook.nist.gov>

4. Электронный каталог библиотеки Coolprop [Электронный ресурс]: – для определения термодинамических и теплофизических свойств веществ. Библиотека может подключаться к компилируемым исполняемым файлам, к документам Mathcad, Matlab, Excel и др. – Режим доступа: <http://www.coolprop.org/>
5. Электронный каталог Американского общества инженеров [Электронный ресурс]: Ссылки на полезные ресурсы, справочник по компонентам систем отопления и кондиционирования.– Режим доступа: <http://www.ashrae.org/>

### **5 Фонд оценочных средств**

Оценочные средства находятся в приложении к рабочим программам дисциплин.

### **6 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Методика проведения занятий допускает как использование технических средств (проекторы, интерактивные доски), так и классические аудиторские занятия, обеспечиваемые стандартными материально-техническими средствами.

Лекционные аудитории должны быть оборудованы современным оборудованием для презентаций, средствами звуковоспроизведения и иметь выход в Интернет.

Помещения для проведения семинарских занятий должны иметь мультимедийное оборудование, учебную мебель.

Библиотека должна иметь рабочие места для студентов, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных, локальную сеть университета и Интернет.