

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

Б1.В.ДВ.02.02.09 ТЕПЛОФИЗИКА

---

Физика горения и взрыва

---

наименование дисциплины (модуля) в соответствии с учебным планом

Направление подготовки / специальность

03.03.02 Физика

---

Направленность (профиль)

03.03.02.33 Фундаментальная и прикладная физика

---

Форма обучения

очная

---

Год набора

2023

---

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 горения.

### 1.2 Задачи изучения дисциплины

В результате изучения дисциплины студент должен приобрести знания, умения и навыки, необходимые для его профессиональной деятельности по направлению 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	формулировки фундаментальных физических законов и их основные следствия применительно к процессам горения; основные теоретические подходы к описанию процесса горения; основные закономерности горения газообразных, жидких и твердых топлив и методы их теоретического описания; основы экспериментальных методов исследования процессов горения. проводить классификацию режимов горения на основе оценок характерных пространственных и временных масштабов и безразмерных критериев; формулировать теоретические модели для описания процессов горения, основываясь на их качественном анализе. экспериментально определять тепловые и концентрационные характеристики горения методами описания процесса горения с использованием аппарата термодинамики, химической кинетики, тепломассообмена; численными методами, необходимыми для моделирования процессов горения в технологических устройствах. программными комплексами для моделирования процессов горения

ПК-1.2: Собирает, обрабатывает, анализирует и	основные принципы поиска научно-технической информации
обобщает передовой отечественный и международный опыт в соответствующей области физических и технических исследований	наименования ведущих научных журналов и справочных изданий базы данных научных изданий в области специализации оценивать релевантность научно-технической информации к конкретной исследовательской задаче вести патентные поиски пользоваться системами поиска мировой научной литературы навыками чтения зарубежной научно-технической литературы Навыками работы с базами данных научной информации Навыками анализа информации и выявления внутренних взаимосвязей исследований
ПК-1.3: Использует методы анализа научно-технической информации	основные принципы поиска научно-технической информации наименования ведущих научных журналов и справочных изданий базы данных научных изданий в области специализации оценивать релевантность научно-технической информации к конкретной исследовательской задаче вести патентные поиски пользоваться системами поиска мировой научной литературы навыками чтения зарубежной научно-технической литературы Навыками работы с базами данных научной информации Навыками анализа информации и выявления внутренних взаимосвязей исследований

#### 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			6					
3. Расчет аэродинамики топок и движения частиц в потоке			4					
4. Критерии подобия процессов переноса тепла и компонент газовой среды в турбулентном потоке			2					
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			4					
4. Формулировка математической модели горения частиц угольной пыли			4					
5. Темы лекций 6-8. Практические занятия темы 4-7.							14	
<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			6					
3. Ознакомление с пакетом программ вычислительной гидродинамики «SigmaFlame». Решение с его помощью прикладных задач			6					
4. Тема 9. Практические занятия 8-9							4	
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. Хзмалян Д.М., Каган Я.А., Хзмалян 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 Office
2. 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.