

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Костромской государственный университет»  
(КГУ)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

## **ТЕОРИЯ ГОРЕНИЯ И ВЗРЫВА**

Направление подготовки:

**20.03.01 Техносферная безопасность**

Направленность:

**Риск-менеджмент в техносфере**

Квалификация выпускника:

**бакалавр**

**Кострома  
2023**

Рабочая программа дисциплины «Теория горения и взрыва» разработана в соответствии:

- с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность, утвержденным Приказом Минобрнауки России от 25.05.2020. № 680 (Зарегистрировано в Минюсте России 06.07.2020. № 58837);
- Приказом Минобрнауки России от 26.11.2020. № 1456 «О внесении изменений в федеральные государственные образовательные стандарты высшего образования» (Зарегистрировано в Минюсте России 27.05.2021. № 63650);
- с учебным планом направления подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность, год начала подготовки 2023.

Разработал: Норкин А. В. преподаватель кафедры техносферной безопасности КГУ,  
подполковник внутренней службы в запасе

Рецензенты: Столяров А.С., заместитель директора департамента по труду и  
социальной защите населения Костромской области;

Брюханов И.Ю., директор по рискам и правовому обеспечению АО  
«Костромской завод автокомпонентов».

#### ПРОГРАММА УТВЕРЖДЕНА:

На заседании кафедры техносферной безопасности  
Протокол заседания кафедры № 11 от 31.05.2023 г.  
Заведующий кафедрой техносферной безопасности  
Лустгартен Татьяна Юрьевна, к.т.н., доцент

## 1. Цели и задачи освоения дисциплины

**Цель дисциплины:** формирование основополагающих знаний о безопасности и сохранении окружающей среды рассматриваются в качестве важнейших приоритетов в жизни и деятельности.

### **Задачи дисциплины:**

- сформировать способность определять нормативные уровни допустимых негативных воздействий на человека и окружающую среду;
- формирование способности проводить измерения уровней опасностей в среде обитания, обрабатывать полученные результаты, составлять прогнозы возможного развития ситуации;
- сформировать способность анализировать механизмы воздействия опасностей на человека, определять характер взаимодействия организма человека с опасностями среды обитания с учетом специфики механизма токсического действия вредных веществ, энергетического воздействия и комбинированного действия вредных факторов.

## 2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

### **освоить компетенцию:**

**ПК-3.** Способен разработать комплекс мероприятий по обеспечению противопожарного режима в организации.

### **Код и содержание индикаторов компетенций:**

**ИПК-3.2.** Владеет методами расчета пожаровзрывобезопасности веществ и систем, а также рисков, связанных с горением и взрывом.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

### **знать:**

- основу и специфику современного процесса формирования культуры безопасности и рискориентированного мышления, при котором вопросы безопасности и сохранения окружающей среды рассматриваются в качестве важнейших приоритетов в жизни и деятельности;
- специфику и механизмы токсического действия вредных веществ, энергетического воздействия и комбинированного действия факторов;
- математические и статистические методы обработки полученных результатов;
- негативное влияние техносферы на человека, общество и природу;

### **уметь:**

- применять современные методы формирования культуры безопасности и рискориентированного мышления, при котором вопросы безопасности и сохранения окружающей среды рассматриваются в качестве важнейших приоритетов в жизни и деятельности;
- пропагандировать цели и задачи обеспечения безопасности человека и окружающей среды;
- анализировать полученные результаты и составлять прогнозы возможного развития негативных последствий;
- использовать полученные знания для оценки воздействия естественных и техногенных опасностей на человека;

### **владеть:**

- навыками культуры безопасности и рискориентированным мышлением по вопросам безопасности и сохранения окружающей среды;

- методами оценки и анализа опасности вредных веществ, опасных факторов окружающей среды;
- основными методами математической, статистической обработки полученных результатов;
- методами анализа механизма воздействия опасностей на человека, определять характер взаимодействия организма человека с опасностями среды обитания.

### 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Дисциплина относится части, формируемой участниками образовательных отношений, относится к блоку Б1.В.06. учебного плана. Изучается в 3 семестр обучения.

Дисциплина базируется на знаниях, полученных при изучении дисциплин «Химия», «Физика», «Ноксология».

### 4. Объем дисциплины

#### 4.1. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием академических часов и виды учебной работы

Виды учебной работы	Очная форма
Общая трудоемкость в зачетных единицах	4
Общая трудоемкость в часах	144
Аудиторные занятия в часах, в том числе:	34
Лекции	16
Практические занятия	16
Лабораторные занятия	-
ИКР	2,35
Самостоятельная работа в часах	73,65
Форма промежуточной аттестации	Экзамен
Контроль	36

#### 4.2. Объем контактной работы

Виды учебных занятий	Очная форма
Лекции	16
Практические занятия	16
Лабораторные занятия	-
Консультации	2
Зачет/зачеты	-
Экзамен/экзамены	0,35
Курсовые работы	-
Курсовые проекты	-
Всего	34,35

## 5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам), с указанием количества часов и видов занятий

### 5.1. Тематический план учебной дисциплины

№ п/п	Название раздела, темы	Всего, час	Аудиторные занятия, час			Самостоятельная работа, час
			лекции	практические	лабораторные	
1	Теоретические основы процесса горения	17	2	-	-	15
2	Воспламенение веществ и материалов. Цепное самовоспламенение	17	2	-	-	15
3	Материальный баланс процесса горения.	38	2	16	-	20
4	Тепловой баланс процесса горения.	20	10	-	-	10
	Подготовка к экзамену	13,65			-	13,65
	ИКР	0,35				
	<b>Итого:</b>	<b>144</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>-</b>	<b>73,65</b>

### 5.2. Содержание

#### 1. Теоретические основы процесса горения.

##### 1.1. Понятие горения, тления, взрыва. Воспламенение, вспышка. Пламя, фронт пламени.

Понятие «горение». Открытия М.В. Ломоносова, Лавуазье. Понятие «тление», «взрыв». Гомогенное и гетерогенное горение. Понятие «воспламенение». Тепловые источники воспламенения. Понятие «вспышка». Воспламеняющая способность разнообразных физико-химических процессов. Воспламенение гетерогенных горючих смесей. Пламя как эффективный источник воспламенения. Понятие «Детонационная волна».

##### 1.2. Виды и режимы горения. Гомогенное и гетерогенное горение. Кинетическое и диффузионное, ламинарное и турбулентное, гомогенное и гетерогенное, дефлаграционное и детонационное горение.

Признаки классификации горения. По условию смесеобразования горючих компонентов. По интенсивности поступления горючих компонентов в зону химической реакции. По агрегатному состоянию компонентов горючей смеси. По скорости распространения зоны химической реакции горения.

Понятие режимов горения: дефлаграционное (медленное); детонационное (взрывное); кинетическое; диффузионное. Число Рейнольдса.

Виды кинетического горения: нормальное горение; взрывное дефлаграционное горение; взрывное детонационное горение.

##### 1.3. Продукты горения

Понятие «продукты горения». Состав продуктов горения. Органические и неорганические горючие вещества. Неполное сгорание органических веществ в условиях низких температур.

#### 2. Воспламенение веществ и материалов. Цепное самовоспламенение.

##### 2.1. Скорость химической реакции. Факторы, влияющие на нее.

Виды воспламенения веществ. Самовоспламенение. Зажигание (вынужденное воспламенение). Тепловое самовоспламенение. Цепное самовоспламенение. Химическая кинетика. Скорость химической реакции. Скорость гомогенной реакции. Простая реакция. Сложные реакции. Стехиометрическое уравнение. Скорость простой реакции. Сумма стехиометрических коэффициентов. Стехиометрический порядок простой реакции. Закон Аррениуса.

## **2.2. Тепловая теория воспламенения. Самовоспламенение.**

Реакция – окисление. Теплоотдача от смеси в окружающую среду. Скорость тепловыделения, скорость теплоотдачи. Самовоспламенение вещества. Температура самовоспламенения реагирующего вещества. Условия самовоспламенения. Период индукции самовоспламенения.

## **2.3. Зависимость температуры самовоспламенения от параметров горючей смеси.**

Зависимость температуры самовоспламенения от давления реагирующих газов или жидкостей, от состава горючей смеси, объема горючей смеси (сосуда).

## **2.4. Цепное самовоспламенение (цепной взрыв)**

Катализ и ингибирование. Светохимические реакции. Цепная теория самовоспламенения. Цепочка последовательных реакций. Активные вторичные центры. Процесс окисления водорода.

## **3. Материальный баланс процесса горения.**

### **3.1. Определение количества окислительной среды в процессе горения Уравнение материального баланса процесса горения.**

Сущность материального баланса процесса горения. Уравнение материального и теплового баланса. Уравнение материального баланса и негорючие вещества, содержащиеся в воздухе.

Снижение скорости химической реакции горения. Уравнения для расчета количества воздуха или окислительной среды, необходимого для полного сгорания веществ и материалов, а также количества выделившихся продуктов сгорания веществ и материалов.

### **3.2. Расчет количества воздуха, необходимого для горения веществ и материалов. Индивидуальные химические соединения. Сложная смесь химических веществ (элементов). Смесь газов. Учет избытка воздуха при горении**

Удельный теоретический объем воздуха. Методики расчета теоретически необходимого количества воздуха для групп горючих веществ. Индивидуальные химические вещества. Сложные смеси веществ. Смеси газов. Весовые концентрации элементов. Общий объем воздуха, необходимый для горения единицы массы вещества. Удельное количество воздуха, необходимого для горения смеси газов. Избыток воздуха. Коэффициент избытка воздуха.

### **3.3. Определение количества продуктов горения.**

#### **3.3.1. Состав и объем продуктов горения веществ и материалов. Индивидуальные химические соединения. Сложная смесь химических веществ (элементов). Смесь газов. Учет избытка воздуха при расчете количества продуктов горения**

Продукты горения: газообразные, жидкие и твердые вещества, образующиеся в результате процесса горения. Объем продуктов горения, объем окислительной среды. Определение состава, количества и объема продуктов горения 1 кг сложной смеси химических веществ для определения объема продуктов горения. Определение количества и состава продуктов горения для смеси газов. Уравнения горения каждого газа, входящего в смесь. Разность между практическим и теоретическим количеством окислительной среды (воздуха)

## **4. Тепловой баланс процесса горения.**

### **4.1. Определение теплоты сгорания веществ и материалов. Понятие теплоты сгорания и теплотворной способности веществ и материалов.**

Химические реакции с выделением или поглощением теплоты. Теплота реакции положительная и отрицательная. Энтальпия (теплосодержание) системы в начальном и конечном состояниях. Понятие «теплота сгорания», «высшая теплота сгорания», «низшая теплота сгорания». Теплотворная способность вещества.

### **4.2. Расчет теплоты сгорания веществ**

Закон Гесса. Определение низшей теплоты сгорания (низшей теплотворной способности) смеси газов. Расчет теплоты сгорания сложных многокомпонентных смесей веществ. Экспериментальная формула Д.И. Менделеевым для определения теплотворной способности веществ сложного химического состава.

### **4.3. Определение температуры горения веществ и материалов.**

### 4.3.1. Понятие теоретической, адиабатической, действительной температуры горения и методы их расчета. Расчет температуры горения методом последовательных приближений

Понятие «температура горения». Факторы от которых зависит температура горения. Сравнения температуры горения разных веществ. Понятие «теоретическая температура горения». Уравнение теплового баланса для расчета теоретической температуры горения. Расчет теоретической температуры горения. Учет зависимости теплоемкости газов от температуры. Неполное окисление продуктов реакции. Коэффициент теплопотерь. Понятие «действительная температура горения», «адиабатическая температура горения».

## 6. Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины

### 6.1. Самостоятельная работа обучающихся по дисциплине (модулю)

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Задание	Часы	Рекомендуемая литература	Форма контроля
1	Теоретические основы процесса горения	Изучить материалы лекции	15	1	Устный опрос
2	Воспламенение веществ и материалов. Цепное самовоспламенение	Изучить материалы лекции	15	1, 2	Письменный опрос
3	Материальный баланс процесса горения.	Изучить материалы лекции	20	1, 3	Устный опрос Защиты лабораторных работ
4	Тепловой баланс процесса горения.	Изучить материалы лекции	10	1, 2	Письменный опрос Защиты лабораторных работ
	Подготовка к экзамену		13,65		

### 6.2. Методические рекомендации студентам, изучающим дисциплину

Студенту рекомендуется регулярно посещать лекции и практические занятия ввиду постоянного обновления содержания лекций, большого объема практических работ. Самостоятельная работа студента складывается из изучения материалов лекций, рекомендуемой литературы и выполнения заданий, выдаваемых преподавателем в конце занятия. Систематическая подготовка к занятиям гарантирует глубокие знания по изучаемой дисциплине.

Для лекций и практических работ необходимо иметь тетрадь не менее 48 листов, клей-карандаш или степлер для фиксирования раздаточного материала в тетрадь, калькулятор, ластик, карандаш, ручку.

При оценке результатов изучения дисциплины учитываются степень эффективности проведенной студентом работы, активность студента в течение семестра, качество и своевременность выполнения контрольных мероприятий по дисциплине, рейтинг студента (при использовании балльно-рейтинговой оценки результатов обучения).

### 6.3. Тематика и задания для практических занятий

1. Расчет коэффициента горючести.

Рассчитать коэффициент горючести приведенных веществ.

2. Составление уравнений реакции горения в кислороде.

Составить уравнения реакции горения в кислороде и определить сколько молей исходных веществ участвовало в реакции и сколько молей продуктов горения образовалось при полном сгорании вещества.

### 3. Составление уравнений реакции горения в воздухе.

Составить уравнения реакции горения в воздухе и определить сколько молей исходных веществ участвовало в реакции и сколько молей продуктов горения образовалось при полном сгорании вещества

4. Расчет молей (киломолей) исходных веществ и продуктов реакции по уравнению реакции горения.

Определить сколько молей исходных веществ участвовало в реакции и сколько молей продуктов горения образовалось при полном сгорании данного вещества.

5. Расчет теоретического объема воздуха, необходимого для горения индивидуального вещества (4ч).

Рассчитать теоретический объем воздуха для полного сгорания заданного вещества для данной температуры и давления.

## 6.4. Тематика и задания для лабораторных занятий

*Не предусмотрены*

## 7. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Наименование	Количество/ссылка на электронный ресурс
<i>а) основная:</i>	
1. Девисилов, В. А. Теория горения и взрыва : учебник / В.А. Девисилов, Т.И. Дроздова, А.И. Скушникова. — Москва : ИНФРА-М, 2019 — 262 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — DOI 10.12737/7763. - ISBN 978-5-16-010477-5.	<a href="https://znanium.com/catalog/product/1008365">https://znanium.com/catalog/product/1008365</a>
2. Шапоров, М.Н. Теория горения и взрыва: учебное пособие [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Волгоград : Волгоградский ГАУ, 2016. — 92 с.	<a href="https://e.lanbook.com/book/76691">https://e.lanbook.com/book/76691</a> .
3. Адамян, В. Л. Теория горения и взрыва : учебное пособие / В. Л. Адамян. — Санкт- Петербург : Лань, 2018 — 116 с.	<a href="https://e.lanbook.com/book/109508">https://e.lanbook.com/book/109508</a>
4. Сазонов, В.Г. Основы теории горения и взрыва : учебное пособие / В.Г. Сазонов ; Министерство транспорта Российской Федерации, Московская государственная академия водного транспорта. – Москва : Альтаир : МГАВТ, 2012 – 169 с. : табл., граф., ил.	<a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=430048">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=430048</a>
<i>б) дополнительная:</i>	
5. Девисилов, В. А. Теория горения и взрыва: практикум: Учебное пособие / Девисилов В.А., Дроздова Т.И., Тимофеева С.С., - 2-е изд., перераб. и доп - Москва :Форум, НИЦ ИНФРА-М, 2015 - 384 с. (Высшее образование)ISBN 978-5-00091-006-1.	<a href="https://znanium.com/catalog/product/489498">https://znanium.com/catalog/product/489498</a>
6. Сусоева Ирина Вячеславовна. Моделирование последствий техногенных аварий (взрывов, пожаров и выбросов ядовитых веществ) : Метод. указания к вып. лаб. работы: напр. 28100; спец. 280103 / Сусоева Ирина Вячеславовна, Пантелеев Владимир Иванович. - Кострома : КГТУ, 2006 - 18 с.	48

## 8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

*Информационно-образовательные ресурсы:*

1. Библиотека ГОСТов. Все ГОСТы: [Электронный ресурс], URL:<http://vsegost.com/>

*Электронные библиотечные системы:*

1. ЭБС Университетская библиотека онлайн <http://biblioclub.ru>
2. ЭБС «Лань» <http://e.lanbook.com/>
3. ЭБС «ZNANIUM.COM» <http://znanium.com>

## 9. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
Б-413, лаборатория безопасности жизнедеятельности	Число посадочных мест – 24. Экран. Рабочее место преподавателя. Рабочая доска. Имеется мультимедийное оборудование: Ноутбук Acer Travel Mate 2313; Проектор BenQ MS612ST. Стенд «Система оповещения при пожаре», Прибор приемно-контрольный Гранит 4, 2-14; Стенд «Средства пожаротушения».	Необходимое программное обеспечение – Офисный пакет