

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«КАМЧАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «КамчатГТУ»)

Факультет информационных технологий, экономики и управления

Кафедра «Физика и высшая математика»

УТВЕРЖДАЮ

Декан технологического  
факультета

Л. М. Хорошман

«21» 12 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Теория горения и взрыва»**

направление подготовки  
20.03.01 «Техносферная безопасность»  
(уровень бакалавриата)

профили  
«Защита в чрезвычайных ситуациях»  
«Безопасность технологических процессов и производств»  
«Экологическая безопасность»

Петропавловск-Камчатский,  
2022

Рабочая программа дисциплины составлена на основании ФГОС ВО, учебного плана и графика учебного процесса ФГБОУ ВО КамчатГТУ по направлению подготовки 20.03.01 «Техносферная безопасность»

Составитель рабочей программы

\_\_\_\_\_ доцент \_\_\_\_\_



\_\_\_\_\_ В. К. Панов \_\_\_\_\_

Рабочая программа рассмотрена на заседании кафедры «Физика и высшая математика»  
(наименование кафедры)

Протокол № 7 от « 14 » декабря 2022 года.

Зав.кафедрой  
« 14 » \_\_\_\_\_ декабря 2022 г.



\_\_\_\_\_ А. И. Задорожный \_\_\_\_\_

## 1. Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе

Изучение дисциплины «Теория горения и взрыва» ставит своей целью заложить фундамент научных представлений о горении и взрыве, добиться глубокого осмысления студентами всей системы показателей пожарной опасности веществ и материалов как совокупности предельных условий и параметров возникновения и прекращения горения.

Цели преподавания дисциплины: дать представление о теории теплового и цепного взрыва, зажигания и распространения пламени, детонации и ударных волн; изучить условия возникновения и распространения горения, условия перехода горения во взрыв; овладеть методами расчета объема и состава продуктов горения, теплоты и температуры горения, основных показателей пожарной опасности.

## 2. Требования к результатам освоения дисциплины

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения ОПК	Планируемый результат обучения по дисциплине	Код показателя освоения
ОПК-1 Способен учитывать современные тенденции развития техники и технологий в области техносферной безопасности, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий при решении типовых задач в области профессиональной деятельности, связанной с защитой окружающей среды и обеспечением безопасности человека;	ИД-1 <sub>ОПК-1</sub> : Знает основные информационные технологии и программные средства, которые применяются при решении задач профессиональной деятельности. ИД-2 <sub>ОПК-2</sub> : Владеет навыками применения основных информационных технологий и программных средств, которые используются при решении задач профессиональной деятельности.	сознание необходимости, потребность и способность обучаться	У(ОПК-1)

## 3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Теория горения и взрыва» входит в обязательную часть учебного плана образовательной программы подготовки 20.03.01 «Техносферная безопасность».

### 3.1. Связь с предшествующими дисциплинами.

Дисциплина «Теория горения и взрыва» базируется на общеобразовательных дисциплинах: физика, химия, математика, термодинамика.

### 3.2. Связь с последующими дисциплинами.

«Теория горения и взрыва» является научным фундаментом для общепрофессиональных и специальных дисциплин таких, как «Физико-химические основы развития и тушения пожаров», «Прогнозирование опасных факторов пожара», «Пожарная безопасность технологических процессов», «Пожарная безопасность в строительстве», «Экология пожаров».

## 4. Содержание дисциплины.

### Очная форма обучения

Наименование разделов и тем	Всего часов	Аудиторные занятия	Контактная работа по видам учебных занятий			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля	Итоговый контроль знаний по
			Лекции	Семинары	Лабораторные работы			
<b>Раздел 1. Физико-химические основы горения</b>	<b>136</b>	<b>76</b>	<b>30</b>	<b>46</b>		<b>69</b>	Расчётно-графическая работа	
Тема 1. Главные составляющие процесса горения	18	10	4	6		8	РЗ	
Тема 2. Материальный и тепловой балансы процессов горения.	44	28	8	20		25	РЗ	

Тема 3. Кинетика реакции горения. Возникновение и распространение горения	30	<b>14</b>	8	4		16	РЗ	
Тема 4. Горение топлив. Тушение пламени	46	<b>26</b>	10	16		20	РЗ	
<b>Раздел 2. Явление взрыва.</b>	<b>35</b>	<b>14</b>	<b>6</b>	<b>8</b>		<b>21</b>	Расчётно-графическая работа	
Тема 5. Основные факторы, обуславливающие взрыв.	10	<b>6</b>	2	2		4	РЗ	
Тема 6. Теории возникновения и развития взрывных процессов.	19	<b>6</b>	2	4		13	РЗ	
Тема 7. Обзор методик по определению последствий взрыва.	10	<b>6</b>	2	2		4	РЗ	
Экзамен	<b>36</b>							36
Всего	<b>180</b>	<b>68</b>	<b>17</b>	<b>51</b>		<b>76</b>		<b>36</b>

### Заочная форма обучения

Раздел, тема учебного курса, содержание лекции	Количество часов			
	Лк	Пр	СРС	
2				
Тема 1. Санкционированное горение — сжигание, несанкционированное горение — пожар. Пожар как физическое и социальное явление.	4		3	
Тема 2. Общий вид уравнения реакции горения. Состав горючей смеси. Состав топлив. Окислители. Продукты полного и неполного горения. Виды горения.			20	
Тема 3. Физика и химия процесса горения. Смесеобразование, кинетика: диффузионный и кинетический режимы горения. Стехиометрическое уравнение реакции горения. Материальный баланс реакции горения. Теоретическое количество воздуха.			20	
Тема 4. Тепловой баланс реакции горения. Первый закон термодинамики. Изменение внутренней энергии в процессе горения. Тепловой эффект химической реакции. Теплота сгорания топлива.		6	20	
Тема 5. Скорость химической реакции: физический смысл, размерность, измерение. Закон действующих масс. Обратимость химических реакций. Химическое равновесие. Константа равновесия.			10	
Тема 6. Самоускоряющиеся химические реакции. Теория Н.Н. Семенова. Тепловое воспламенение. Цепное воспламенение.		2	2	10
Тема 7. Самовоспламенение топливно-воздушных смесей. Критические условия воспламенения. Период индукции при адиабатных условиях и при наличии теплотерь. Температура самовоспламенения.	20			
Тема 8. Горение газов. Скорость нормального распространения пламени. Концентрационные и температурные пределы воспламенения газовых смесей. Методы пожаротушения.				10
Тема 9. Горение жидкого топлива. Задача о горении капли. Горение над поверхностью жидкости. Массовая скорость выгорания. Температура вспышки, температура воспламенения жидкого топлива.				10
Тема 10. Явление взрыва. Основные факторы, обуславливающие взрыв. Классификация взрывных процессов.	2	2	10	

Взрывчатые вещества.			
Тема 11. Теории возникновения и развития взрывных процессов. Объем и состав газообразных продуктов взрыва. Теплота и температура взрыва. Давление при взрыве. Тритиловый эквивалент.			20
<b>Всего часов</b>	8	10	153

## 5. Описание содержания дисциплины.

### Модуль 1

**Лекция 1.** Тема 1. Санкционированное горение — сжигание, несанкционированное горение — пожар. Пожар как физическое и социальное явление. Современные проблемы обеспечения пожарной безопасности. Опасные факторы — предельные значения. Главные составляющие процесса горения: химическая реакция, массообмен, теплообмен. Дополнительные явления при горении в условиях пожара.

Практическое занятие 1. Параметры состояния газовой смеси, единицы измерения. Решение задач №№ 10, 13, 15, 24 из [5].

**Лекция 2.** Тема 2. Общий вид уравнения реакции горения. Состав горючей смеси. Состав топлив. Окислители. Продукты полного и неполного горения. Виды горения: по агрегатному состоянию, по режиму в зависимости от степени подготовленности смеси, по скорости распространения пламени, по характеру движения газов.

Практическое занятие 2. Уравнение состояния для смеси идеальных газов. Решение задач №№ 30, 31, 33, 35 из [5].

Практическое занятие 3. Газовые процессы и их закономерности. Решение задач №№ 76, 78, 81, 83 из [5].

**Лекция 3.** Тема 3. Физика и химия процесса горения. Смесеобразование, кинетика: диффузионный и кинетический режимы горения. Стехиометрическое уравнение реакции горения. Материальный баланс реакции горения. Теоретическое количество воздуха.

Практическое занятие 4. Составление стехиометрического уравнения реакции горения. Материальный баланс реакции горения: теоретическое количество воздуха при горении индивидуальных веществ. Решение задач №№ 2, 3, 5 стр. 12 из [2].

**Лекция 4.** Материальный баланс реакции горения: теоретическое количество продуктов сгорания. Коэффициент избытка воздуха. Методы определения избытка воздуха на работающем котле.

Практическое занятие 5. Материальный баланс реакции горения: теоретическое количество воздуха при горении смеси горючих газов. Решение задач №№ 6, 13 стр. 12 из [2].

Практическое занятие 6. Материальный баланс реакции горения: теоретическое количество воздуха при горении горючего сложного состава. Решение задач №№ 1-1, 1-10 из [3].

**Лекция 5.** Тема 4. Тепловой баланс реакции горения. Первый закон термодинамики. Изменение внутренней энергии в процессе горения. Тепловой эффект химической реакции. Теплота сгорания топлива.

Практическое занятие 7. Материальный баланс реакции горения: теоретическое количество продуктов сгорания, коэффициент избытка воздуха. Решение задач №№ 1, 2, 5, стр. 21, 8, 10, 11 стр. 12 из [2].

**Лекция 6.** Тепловой баланс реакции горения: температура, теплоёмкость и энтальпия продуктов сгорания. Температура горения и температура взрыва.

Практическое занятие 8. Материальный баланс реакции горения: сравнительный анализ горения моторного жидкого и газового топлив. Экологический аспект.

Практическое занятие 9. Тепловой баланс реакции горения: тепловой эффект химической реакции горения индивидуальных веществ. Решение задач №№ 1, 2, 5 стр. 28 из [2].

**Лекция 7.** Тема 5. Скорость химической реакции: физический смысл, размерность, измерение. Закон действующих масс. Обратимость химических реакций. Химическое равновесие. Константа равновесия.

Практическое занятие 10. Тепловой баланс реакции горения: теплота сгорания топлива сложного состава. Решение задач №№ 1-2, 1-5, 1-7 из [3].

**Лекция 8.** Скорость химической реакции. Зависимость от температуры — закон Аррениуса, молекулярно-кинетические представления. Зависимость скорости реакции от давления и состава горючей смеси. Методы пожаротушения.

Практическое занятие 11. Тепловой баланс реакции горения: энтальпия и теплоёмкость продуктов сгорания. Решение задач №№ 1, 2, 3 стр. 34 из [2].

Практическое занятие 12. Тепловой баланс реакции горения: температура горения. Решение задач №№ 1-3, 1-5 из [3].

**Лекция 9.** Тема 6. Самоускоряющиеся химические реакции. Теория Н.Н. Семенова. Тепловое воспламенение. Цепное воспламенение.

Практическое занятие 13, 14. Тепловой баланс реакции горения: сравнительный анализ горения моторного жидкого и газового топлив. Экологический аспект.

**Лекция 10.** Тема 7. Самовоспламенение топливо-воздушных смесей. Критические условия воспламенения. Период индукции при адиабатных условиях и при наличии теплопотерь. Температура самовоспламенения, её определение по ГОСТу. Противопожарные требования к хранению горючих материалов.

Практическое занятие 15. Определение скорости химической реакции при различной температуре и давлении. Решение задач №№ 5-1, 5-2, 5-4 из [3].

Практическое занятие 16. Расчёт температуры вспышки и температуры воспламенения. Решение задач №№ 1, 2, 3 стр. 55 из [2].

### **Самостоятельная работа студента по модулю 1.**

1. Изучение лекционного материала.
2. Подготовка к практическим занятиям — решение домашних задач.
3. Выполнение индивидуального расчётно-графического задания из [4].

### Дисциплинарный модуль 2.

**Лекция 11.** Тема 8. Горение газов. Скорость нормального распространения пламени. Концентрационные и температурные пределы воспламенения газовых смесей. Методы пожаротушения. Противопожарные требования к хранению горючих материалов.

Практическое занятие 17, 18. Расчёт тепловыделения и температуры горения ацетилена на нижнем концентрационном пределе воспламенения.

Практическое занятие 19, 20. Расчёт тепловыделения и температуры горения ацетилена на верхнем концентрационном пределе воспламенения.

**Лекция 12.** Диффузионное горение газа. Устойчивость газового факела. Срыв пламени. Тушение газового факела.

Практическое занятие 21. Температурные пределы воспламенения. Решение задач №№ 1, 2, 3 стр. 51 из [2].

Практическое занятие 22. Расчёт скорости нормального распространения пламени в газовых смесях. Решение задач №№ 6-1, 6-2, 6-3 из [3].

**Лекция 13.** Тема 9. Горение жидкого топлива. Задача о горении капли. Горение над поверхностью жидкости. Массовая скорость выгорания. Температура вспышки, температура воспламенения жидкого топлива.

Практическое занятие 23. Расчёт выгорания жидкости в резервуаре.

**Лекция 14.** Тема 10. Горение твердого топлива. Роль летучих в процессе воспламенения природных твердых топлив. Массовая и линейная скорость выгорания.

Практическое занятие 24. Расчёт выгорания твёрдых горючих материалов.

**Лекция 15.** Тема 11. Тушение пожара как физический процесс. Тепловая теория потухания пламени. Механизмы прекращения горения. Характеристика средств пожаротушения.

Практическое занятие 25. Расчёт загрязняющих выбросов ТЭС. Удельные характеристики загрязняющих факторов.

**Лекция 16.** Тема 12. Явление взрыва. Основные факторы, обуславливающие взрыв. Классификация взрывных процессов. Взрывчатые вещества.

Практическое занятие 26. Тритиловый эквивалент взрыва. Решение задач №№ 1, 2, 3 стр. 65 из [2].

**Лекция 17.** Тема 13. Теории возникновения и развития взрывных процессов. Объем и состав газообразных продуктов взрыва. Теплота и температура взрыва. Давление при взрыве.

Практическое занятие 27. Параметры ударной волны. Зоны различного воздействия ударной волны. Решение задачи ДЗ стр. 65 из [2].

**Лекция 18.** Тема 14. Обзор методик по определению последствий аварийного газового взрыва (АГВ). Примеры взрывов на технологических установках. Методика тротилового эквивалента. Детонационный взрыв газовой смеси.

**Самостоятельная работа студента по модулю 2.**

1. Изучение лекционного материала по модулю 2.
2. Подготовка к практическим занятиям — решение домашних задач.
3. Выполнение индивидуального расчётно-графического задания из [5].

**Самостоятельная работа студента заочной формы обучения:** контрольная работа из [10].

Курсовой проект не предусмотрен.

**6. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации.**

1. Пожар, как явление — определение по ГОСТ и следствия из него.
2. Опасные факторы пожара.
3. Главные составляющие процесса горения.
4. Дополнительные явления, сопровождающие процесс горения на пожарах.
5. Процесс горения — определение, диффузионный и кинетический режимы горения.
6. Состав горючих веществ, топлив.
7. Параметры состояния газов: давление, температура, концентрация — определение и размерности.
8. Смесь идеальных газов: состав, молярная масса, уравнение состояния.
9. Материальный баланс: стехиометрическое уравнение, горючая смесь, продукты горения.
10. Материальный баланс: теоретическое количество воздуха, коэффициент избытка воздуха.
11. Материальный баланс: теоретическое количество продуктов горения.
12. Продукты неполного сгорания.
13. Первое начало термодинамики. Удельная теплоемкость вещества.
14. Тепловой баланс: теплота сгорания топлива, ее определение.
15. Тепловой баланс: определение температуры горения и температуры взрыва.
16. Скорость химической реакции и ее зависимость от температуры.
17. Скорость химической реакции и ее зависимость от давления.
18. Скорость химической реакции и ее зависимость от состава горючей смеси.
19. Скорость нормального распространения пламени.
20. Концентрационные пределы распространения пламени.
21. Структура газового факела.
22. Скорость и полнота выгорания в газовом факеле.
23. Механизм горения жидкости.
24. Скорость распространения пламени по поверхности жидкости.
25. Температура вспышки, температура воспламенения, температура горения.
26. Механизм горения твердого вещества.
27. Скорость распространения пламени по твердой поверхности
28. Скорость выгорания: удельная массовая, линейная.
29. Тепловая теория потухания пламени.
30. Механизмы прекращения горения. Снижение интенсивности тепловыделения.
31. Механизмы прекращения горения. Увеличение интенсивности теплоотвода.
32. Огнетушащие средства — классификация.
33. Огнетушащие средства: нейтральные газы и химически активные ингибиторы.
34. Огнетушащие средства. Пены: характеристики, огнетушащее действие, применение.
35. Порошковые огнетушащие средства: характеристики, огнетушащее действие, применение.
36. Огнетушащие средства. Вода: характеристики, огнетушащее действие, применение.
37. Взрыв. Типы взрывов. Классификация взрывов по плотности вещества, по типам химических реакций.
38. Энергия и мощность взрыва. Ударные и детонационные волны.
39. Основные положения теории детонации.
40. Принципиальные отличия процессов горения от взрыва.

## 7. Рекомендуемая литература

Основная литература:

1. Андросов А.С., Бегишев И.Р., Салеев Е.П. Теория горения и взрыва: Учебное пособие. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2007. – 240 с.
2. Андросов А.С., Салеев Е.П. Примеры и задачи по курсу «Теория горения и взрыва»: Учебное пособие. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2008. – 80 с.

Дополнительная

3. Сборник задач по теории горения: Учебное пособие для вузов/Под ред. В. В. Померанцева — Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние. 1983.— 152 с.
4. Панов В. К. Теория горения: Задания и методические указания по выполнению расчетно-графической работы для студентов очной формы обучения. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2011, 17 с.
5. В. К. Панов. Теория горения и взрыва: Задание и методические рекомендации по выполнению расчетно-графической работы для студентов инженерных специальностей и направлений очной формы обучения. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2012. – 46 с.
6. Корольченко А. Я. Процессы горения и взрыва. — М.: Пожнаука, 2007. — 266 с.
7. Самойлов А. И. Сборник задач по термодинамическим процессам и процессам теплообмена. — М.: Лёгкая промышленность, 1984. - 144 с.
8. Кестенбойм Х. С., Росляков Г. С., Чудов Л. А. Точечный взрыв: Методы расчета. Таблицы. — М.: Наука, 1974, 225 с.
9. Корольченко А.Я. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. Справочник в 2-х частях. – М.: Асс. «Пожнаука», 2000. – 709 с.
10. Теория горения: Задания и методические указания по выполнению расчетно-графической работы для студентов заочной формы обучения / Панов В. К.. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2011, 17 с.

## 8. Интернет-ресурсы

1. Опасные факторы пожара. <http://pozhsystems.ru/service/raschet/opasnye-factory-rozhara/index.html>.
2. Нормативные документы для тепловых электростанций и котельных. Методика определения валовых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от котельных установок ТЭС. РД 34.02.305-98. — [www.complexdoc.ru](http://www.complexdoc.ru).
3. ГОСТ Р 51330.5-99 (МЭК 60079-4-75), 2001. Часть 4. Метод определения температуры самовоспламенения. — [http://ptts-33.ru/download/documentation/gost\\_r\\_51330.5-99.pdf](http://ptts-33.ru/download/documentation/gost_r_51330.5-99.pdf)

## 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

В рамках усвоения учебной дисциплины "физика" предусмотрены следующие виды учебных занятий:

- лекционного типа;
- семинарского типа;
- групповых консультаций;
- самостоятельной работы,

а также прохождение аттестационных испытаний промежуточной аттестации.

В ходе лекций студентам следует подготовить конспекты лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометить важные мысли, выделять ключевые слова, термины; проверять термины и понятия с помощью словарей, энциклопедий, справочников с выписыванием толкований в тетрадь; обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удаётся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, практическом занятии. Уделить внимание понятиям, которые обозначены обязательными для каждой темы дисциплины.

На учебных занятиях семинарского типа студенты выполняют проработку рабочей программы: пользуясь конспектом лекций, решают задачи.

Самостоятельная работа студентов по дисциплине включает такие виды работы как:

1. изучение материалов, законспектированных в ходе лекции;
2. изучение литературы, проработка и конспектирование источников;
3. решение домашней контрольной работы (РГР).



В ходе освоения дисциплины "Теория горения и взрыва" студенты набирают максимально 100 баллов посредством выполнения предусмотренных видов учебно-познавательной деятельности.

**10. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

- аудитория №2-314, столы, стулья, доска, мел в изобилии;
- зажигалки разные, огнетушитель.
- мультимедийное оборудование (ноутбук, проектор).