

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИШНКБ

Седнев Д.А.

«30» 06 2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ПРИЕМ 2016 г.**  
**ФОРМА ОБУЧЕНИЯ заочная**

**ТЕОРИЯ ГОРЕНИЯ И ВЗРЫВА**

|                                                                                                                                             |                                      |         |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|---------|----|
| Направление подготовки/<br>специальность<br>Образовательная программа<br>(направленность (профиль))<br>Специализация<br>Уровень образования | 20.03.01 Техносферная безопасность   |         |    |
|                                                                                                                                             | Техносферная безопасность            |         |    |
|                                                                                                                                             | Защита в чрезвычайных ситуациях      |         |    |
|                                                                                                                                             | высшее образование - бакалавриат     |         |    |
| Курс                                                                                                                                        | 4                                    | семестр | 7  |
|                                                                                                                                             | 3                                    |         |    |
| Трудоемкость в кредитах<br>(зачетных единицах)                                                                                              | Временной ресурс                     |         |    |
| Виды учебной деятельности                                                                                                                   | Контактная (аудиторная)<br>работа, ч |         |    |
|                                                                                                                                             | Лекции                               |         | 10 |
|                                                                                                                                             | Практические занятия                 |         | 6  |
|                                                                                                                                             | Лабораторные занятия                 |         |    |
|                                                                                                                                             | ВСЕГО                                |         | 16 |
| Самостоятельная работа, ч                                                                                                                   |                                      | 92      |    |
| в т.ч. отдельные виды самостоятельной работы с<br>выделенной промежуточной аттестацией (курсовой<br>проект, курсовая работа)                |                                      |         |    |
| ИТОГО, ч                                                                                                                                    |                                      | 108     |    |

Вид промежуточной аттестации

**Зачет**

Обеспечивающее подразделение

**ОКД, ИШНКБ**

Заведующий кафедрой -  
руководитель отделения на  
правах кафедры отделения  
контроля и диагностики  
Руководитель ООП  
Преподаватель

Суржиков А.П.

Вторушина А.Н.

Перминов В.А.

2020 г.

## 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного ООП (п. 6. Общей характеристики ООП) состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

| Код компетенции | Наименование компетенции                                                                                                                                   | Результаты освоения ООП | Составляющие результатов обучения |                                                                                                                                                  |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                 |                                                                                                                                                            |                         | Код                               | Наименование                                                                                                                                     |
| ПК(У)-10        | Способность использовать знание организационных основ безопасности различных производственных процессов в чрезвычайных ситуациях                           | Р6                      | ПК(У)-10.В7                       | Владеет методами расчета параметров процессов горения и взрыва для выбора устройств, систем и методов защиты человека и природной среды          |
|                 |                                                                                                                                                            |                         | ПК(У)-10.У7                       | Умеет применять методы и средства моделирования для прогнозирования и количественной оценки процессов, являющихся источниками опасности          |
|                 |                                                                                                                                                            |                         | ПК(У)-10.37                       | Знает методы моделирования процессов горения и взрыва, являющихся источниками опасности                                                          |
| ПК(У)-11        | Способность организовать, планировать и реализовать работу исполнителей по решению практических задач обеспечения безопасности человека и окружающей среды | Р7                      | ПК(У)-11.В3                       | Владеет методами расчета параметров процессов горения и взрыва сопровождающих ЧС для прогнозирования развития опасных процессов и их последствий |
|                 |                                                                                                                                                            |                         | ПК(У)-11.У3                       | Умеет рассчитывать основные характеристики и параметры процессов горения и взрыва                                                                |
|                 |                                                                                                                                                            |                         | ПК(У)-11.33                       | Знает основы физико-химических процессов горения и взрыва                                                                                        |

## 2. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Дисциплина относится к вариативной части вариативного междисциплинарного профессионального модуля Блока 1 учебного плана образовательной программы.

## 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

После успешного освоения дисциплины будут сформированы результаты обучения:

| Планируемые результаты обучения по дисциплине |                                                                                                                                                                                                                | Компетенция              |
|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| Код                                           | Наименование                                                                                                                                                                                                   |                          |
| РД 1                                          | Знание методик расчета параметров и умение определять условия возникновения, распространения и прекращения горения и перехода горения в детонацию.                                                             | ПК(У)-10.В7, ПК(У)-11.33 |
| РД 2                                          | Способность пользоваться нормативно-технической документацией по вопросам пожаро- и взрывобезопасности для оценки основных характеристик и параметров и анализа механизмов воздействия опасностей на человека. | ПК(У)-11.В3, ПК(У)-11.У3 |
| РД 3                                          | Способность применять методы математического моделирования и исследования в профессиональной деятельности с целью моделирования устройств, систем и методов защиты человека и природной среды от опасностей.   | ПК(У)-10.У7, ПК(У)-10.37 |

Оценочные мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации представлены в календарном рейтинг-плане дисциплины.

## 4. Структура и содержание дисциплины

*Основные виды учебной деятельности*

| Разделы дисциплины | Формируемый | Виды учебной деятельности | Объем |
|--------------------|-------------|---------------------------|-------|
|--------------------|-------------|---------------------------|-------|

|                                                                                                                | результат обучения по дисциплине |                        | времени, ч. |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|------------------------|-------------|
| <b>Раздел 1.</b><br><b>Введение. Основные понятия и определения. Явления горения и взрыва</b>                  | РД1                              | Лекции                 | 2           |
|                                                                                                                |                                  | Практические занятия   | 2           |
|                                                                                                                |                                  | Лабораторные занятия   |             |
|                                                                                                                |                                  | Самостоятельная работа | 12          |
| <b>Раздел 2.</b><br><b>Химическая термодинамика горения и взрыва. Расчет тепловых эффектов реакций горения</b> | РД1, РД2                         | Лекции                 |             |
|                                                                                                                |                                  | Практические занятия   | 2           |
|                                                                                                                |                                  | Лабораторные занятия   |             |
|                                                                                                                |                                  | Самостоятельная работа | 12          |
| <b>Раздел 3.</b><br><b>Кинетика реакций горения и взрыва. Расчет скоростей реакций горения.</b>                | РД1, РД2                         | Лекции                 | 2           |
|                                                                                                                |                                  | Практические занятия   |             |
|                                                                                                                |                                  | Лабораторные занятия   |             |
|                                                                                                                |                                  | Самостоятельная работа | 12          |
| <b>Раздел 4.</b><br><b>Теория горения газовоздушных и паровоздушных смесей.</b>                                | РД1, РД2                         | Лекции                 |             |
|                                                                                                                |                                  | Практические занятия   | 2           |
|                                                                                                                |                                  | Лабораторные занятия   |             |
|                                                                                                                |                                  | Самостоятельная работа | 12          |
| <b>Раздел 5.</b><br><b>Массоперенос и теплопередача в процессах горения..</b>                                  | РД1, РД3                         | Лекции                 | 2           |
|                                                                                                                |                                  | Практические занятия   |             |
|                                                                                                                |                                  | Лабораторные занятия   |             |
|                                                                                                                |                                  | Самостоятельная работа | 10          |
| <b>Раздел 6.</b><br><b>Теория горения дисперсных и горючих материалов.</b>                                     | РД1, РД2                         | Лекции                 |             |
|                                                                                                                |                                  | Практические занятия   |             |
|                                                                                                                |                                  | Лабораторные занятия   |             |
|                                                                                                                |                                  | Самостоятельная работа | 10          |
| <b>Раздел 7.</b><br><b>Теория теплового взрыва.</b>                                                            | РД1, РД2, РД3                    | Лекции                 | 2           |
|                                                                                                                |                                  | Практические занятия   |             |
|                                                                                                                |                                  | Лабораторные занятия   |             |
|                                                                                                                |                                  | Самостоятельная работа | 12          |
| <b>Раздел 8.</b><br><b>Ударные волны</b>                                                                       | РД1, РД2, РД3                    | Лекции                 | 2           |
|                                                                                                                |                                  | Практические занятия   |             |
|                                                                                                                |                                  | Лабораторные занятия   |             |
|                                                                                                                |                                  | Самостоятельная работа | 12          |

Содержание разделов дисциплины:

**Раздел 1. Введение. Основные понятия и определения. Явления горения и взрыва.**

Предмет курса, его цели и задачи. Научно-технический прогресс и проблема взрыво- и пожаробезопасности в техносфере. Значение курса для обеспечения прогнозирования взрыво- и пожаробезопасности в техносфере. Использование горения и взрыва в современных технологиях. Понятие горения и взрыва. Тепловой и цепной механизмы горения и взрыва. Воспламенение и зажигание. Пределы самовоспламенения смеси водорода с кислородом. Расход воздуха при горении. Объем продуктов сгорания. Верхний и нижний концентрационные пределы воспламенения. Гомогенное и гетерогенное горение. Температурные показатели пожарной опасности.

**Темы лекций:**

1. Введение. Основные понятия и определения. Явления горения и взрыва. Общая характеристика.

**Темы практических занятий:**

1. Расчет расхода воздуха при горении и объема продуктов горения.

## **Раздел 2. Химическая термодинамика горения и взрыва. Расчет тепловых эффектов реакций горения**

Функции состояния и основные термодинамические соотношения. Уравнения состояния идеальных и реальных газов (уравнение Ван-дер-Ваальса, уравнение с вириальными коэффициентами). Термохимия. Закон Гесса. Расчет тепловых эффектов реакций. Зависимость теплового эффекта от температуры. Закон Кирхгоффа.

### **Темы практических занятий:**

1. Термохимия. Закон Гесса. Расчет тепловых эффектов реакций.

## **Раздел 3. Кинетика реакций горения и взрыва. Расчет скоростей реакций горения.**

Понятие скорости химической реакции. Скорость образования компонента. Энергия активации. Необходимые и достаточные условия протекания реакции. Зависимость скорости реакции от концентрации компонентов, от давления и температуры. Закон действующих масс. Молекулярность и порядок реакции. Элементы формальной кинетики. Реакции 1-го, 2-го и 3-го порядков. Кинетика сложных реакций. Двусторонние (обратимые) реакции. Параллельные реакции. Последовательные реакции. Автокаталитические реакции. Цепные реакции. Разветвляющиеся и не разветвляющиеся цепи. Цепной механизм и его стадии. Полуостров воспламенения. Математическое описание цепных реакций. Роль цепных реакций в тепловом самовоспламенении. Уравнение Аррениуса и тепловой взрыв.

### **Темы лекций:**

1. Скорость химической реакции горения. Кинетика реакций горения.

## **Раздел 4. Теория горения газовоздушных и паровоздушных смесей.**

Общая характеристика пламени и закономерностей его распространения. Форма фронта пламени и понятие о нормальном горении. Расширение продуктов горения. Характерные режимы нормального горения. Методы изучения горения газов. Теория нормального горения. Закон площадей. Тепломассообмен при горении. Коэффициент молекулярного переноса. Подобие полей температуры и концентрации. Механизм перехода горения в детонацию.

### **Темы практических занятий:**

1. Распространение пламени. Нормальное горение.

## **Раздел 5. Массоперенос и теплопередача в процессах горения.**

Подобие процессов массопереноса и теплопередачи. Теплопроводность и диффузия в неподвижной среде. Законы Фурье и Фика. Уравнения конвективного переноса тепла и вещества. Свободная и вынужденная конвекция. Ламинарное и турбулентное движение жидкости (газа). Коэффициенты тепло- и массопереноса. Теория подобия. Критерии подобия Рейнольдса, Нуссельта, Шервуда, Прандтля и Грасгофа. Уравнение баланса массы. Уравнение баланса вещества и тепловой энергии. Уравнение баланса количества движения. Уравнение Навье-Стокса. Математическое моделирование процессов возникновения и распространения горения.

### **Темы лекций:**

1. Массоперенос и теплопередача в процессах возникновения и распространения горения.

## **Раздел 6. Теория горения дисперсных и горючих материалов**

Смешанная диффузионная и химическая кинетика горения. Выявление лимитирующей стадии. Анализ зависимости скорости горения от скорости продувки воздуха и от температуры. Горение пористых материалов. Горения металлов.

## **Раздел 7. Теория теплового взрыва.**

Общие сведения о взрыве. Возникновение взрыва. Режимы взрывчатых превращений. Характеристика аварийных взрывов. Классификация взрывчатых веществ. Химические реакции при взрывных превращениях. Кислородный баланс. Состав и объем продуктов разложения взрывчатых веществ. Теплота взрыва. Температура и давление продуктов взрыва. Действие взрыва. Использование методов теории горения и взрыва для прогнозирования и обеспечения безопасности производственных процессов, прогнозирования чрезвычайных ситуаций и локализации их последствий.

### **Темы лекций:**

1. Взрыв. Классификация взрывов. Классификация взрывчатых веществ.

## **Раздел 8. Ударные волны.**

Вывод основного нестационарного уравнения для температуры горения. Стационарная теория теплового взрыва. Критические условия. Определение температуры воспламенения. Учет теплоотдачи. Параметры огненного шара. Актуальные направления развития теории горения и взрыва. Действие взрыва. Ударные волны. Использование методов теории горения и взрыва для прогнозирования и обеспечения безопасности производственных процессов, прогнозирования чрезвычайных ситуаций и локализации их последствий.

### **Темы лекций:**

1. Ударные волны. Возникновение и ее параметры.

## **5. Организация самостоятельной работы студентов**

Самостоятельная работа студентов при изучении дисциплины (модуля) предусмотрена в следующих видах и формах:

- Работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;
- Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- Выполнение домашних заданий;
- Подготовка к практическим занятиям;
- Исследовательская работа и участие в научных студенческих конференциях, семинарах и олимпиадах;
- Анализ научных публикаций по заранее определенной преподавателем теме;
- Подготовка к контрольным работам и зачету.

## **6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **6.1. Учебно-методическое обеспечение**

#### **Основная литература**

1. Карауш, С. А. Теория горения и взрыва: учебник / С. А. Карауш. — Москва: Академия, 2013. — URL: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2014/FN/fn-113.pdf> (дата обращения: 28.02.2019). — Режим поступ из корпоративной сети ТПУ. — Текст: электронный.
2. Теория горения и взрыва: учебник и практикум / А. В. Тотай, О. Г. Казаков, Н. О. Радькова и др.; под ред. А. В. Тотая и О. Г. Казакова. — 2-е изд.. — Москва: Юрайт, 2013. — URL: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2014/FN/fn-36.pdf> (дата обращения: 28.02.2019). — Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ. — Текст: электронный
3. Теория горения и взрыва: учебно-методическое пособие / О.М. Зиновьева, Б.С. Мاستрюков, А.М. Меркулова, Н.А. Смирнова. — Москва: МИСИС, 2014. — 102 с.

— Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/116821> (дата обращения: 28.02.2019). — Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ.

4. Адамян, В.Л. Теория горения и взрыва: учебное пособие / В.Л. Адамян. — Санкт-Петербург: Лань, 2018. — 116 с. — ISBN 978-5-8114-3136-6. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/109508> (дата обращения: 28.02.2019). — Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ.

#### **Дополнительная литература**

1. Эквист, Б. В. Теория горения и взрыва: учебник / Б.В. Эквист. — Москва: МИСИС, 2017. — 180 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/115286> (дата обращения: 28.02.2019). — Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ.
2. Теория горения и взрыва : учебник и практикум / под ред. А. В. Тотая ; О. Г. Казакова. — 2-е изд., перераб. и доп.. — Москва: Юрайт, 2013. — 296 с.: ил.. — Бакалавр. Базовый курс. — Библиогр.: с. 294-295.. — ISBN 978-5-9916-2414-5.
3. Девисилов, Владимир Аркадьевич. Теория горения и взрыва : практикум : учебное пособие / В. А. Девисилов, Т. И. Дроздова, С. С. Тимофеева. — Москва: Форум, 2012. — 352 с.: ил.. — Высшее образование. — Библиогр.: с. 286-287.. — ISBN 978-5-91134-555-6.

#### **6.2. Информационное и программное обеспечение**

Internet-ресурсы (в т.ч. в среде LMS MOODLE и др. образовательные и библиотечные ресурсы):

1. Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы доступны по ссылке: <https://www.lib.tpu.ru/html/irs-and-pdb>
2. Физика горения и взрыва: журнал / Российская академия наук (РАН), Сибирское отделение (СО), Институт гидродинамики им. М. А. Лаврентьева (ИГиЛ). — Новосибирск: Изд-во СО РАН. — 6 раз в год.. —URL:: <http://www.sibran.ru/journals/FGV/> . — Текст: электронный.
3. Перминов, В. А. Теория горения и взрыва: виртуальный лабораторный комплекс / В. А. Перминов, А. И. Сечин; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Институт неразрушающего контроля (ИНК). — Томск: TPU Moodle, 2014. —URL: <http://lms.tpu.ru/course/view.php?id=10182> (дата обращения: 28.02.2019). — Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ.

Лицензионное программное обеспечение (в соответствии с **Перечнем лицензионного программного обеспечения ТПУ**): WinDjView; 7-Zip; Adobe Acrobat Reader DC; Adobe Flash Player; AkelPad; Document Foundation LibreOffice; Far Manager; Google Chrome; MathWorks MATLAB Full Suite R2017b; Microsoft Office 2007 Standard Russian Academic; Mozilla Firefox ESR; PTC Mathcad 15 Academic Floating; TOR Coop Elcut Student; Tracker Software PDF-XChange Viewer

#### **6. Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины**

В учебном процессе используется следующее лабораторное оборудование для практических и лабораторных занятий:

| №  | Наименование специальных помещений                                                                                                                                                                            | Наименование оборудования                                                                                                                                                                                         |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (учебная лаборатория)<br>634028, Томская область, г. Томск, Савиных | Моноблок Lenovo S50 - 1 шт.; Телевизор LG 60LX341C - 1 шт.;<br>Шкаф вытяжной В-203 - 1 шт.; Прибор ТВЗ-ПХП с закрытым тиглем; Прибор ТВЗ-ПХП с открытым тиглем;<br>Комплект учебной мебели на 30 посадочных мест. |

|    |                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                               |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | улица, д. 7, 608                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                               |
| 2. | Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (компьютерный класс)<br><br>634028, Томская область, г. Томск, Савиных улица, д. 7, 609 | Компьютер Instant i3550 - 11 шт.; Телевизор LED Samsung 55" - 1 шт.; Телевизор - 1 шт.; Компьютер - 13 шт.;<br>Доска магнитно-маркерная 120x200 см - 1 шт.;<br>Комплект учебной мебели на 14 посадочных мест. |

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 20.03.01 Техносферная безопасность, специализация «Защита в чрезвычайных ситуациях» (прием 2016 г., заочная форма обучения).

Разработчик(и):

| Должность     | Ученая степень | ФИО           |
|---------------|----------------|---------------|
| Профессор ОКД | д.ф.-м.н       | В.А. Перминов |

Программа одобрена на заседании кафедры ЭБЖ ИНК (протокол № 12 от 28.06.2016г.).

Зав. кафедрой – руководитель отделения  
на правах кафедры отделения контроля  
и диагностики, д.ф.-м.н, профессор

  
подпись

/ А.П. Суржиков /

**Лист изменений рабочей программы дисциплины:**

| Учебный год                 | Содержание /изменение                                                                                                                                                                                                                           | Обсуждено на заседании<br>Отделения (протокол)                       |
|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| 2017/2018<br>учебный<br>год | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Обновлен состав профессиональных баз данных и информационно-справочных систем</li> <li>2. Обновлен список литературы, в том числе ссылок ЭБС</li> </ol>                                               | протокол от<br>« <u>15</u> » <u>05</u> <u>2017</u> г.<br>№ <u>11</u> |
| 2018/2019<br>учебный<br>год | <ol style="list-style-type: none"> <li>3. Обновлен состав профессиональных баз данных и информационно-справочных систем</li> <li>4. Обновлен список литературы, в том числе ссылок ЭБС</li> </ol>                                               | протокол от<br>« <u>26</u> » <u>06</u> <u>2018</u> г.<br>№ <u>7</u>  |
|                             | <ol style="list-style-type: none"> <li>5. Изменена система оценивания</li> </ol>                                                                                                                                                                | протокол от<br>« <u>27</u> » <u>08</u> <u>2018</u> г.<br>№ <u>8</u>  |
| 2019/2020<br>учебный<br>год | <ol style="list-style-type: none"> <li>6. Обновлено программное обеспечение</li> <li>7. Обновлен состав профессиональных баз данных и информационно-справочных систем</li> <li>8. Обновлен список литературы, в том числе ссылок ЭБС</li> </ol> | протокол от<br>« <u>24</u> » <u>06</u> <u>2019</u> г.<br>№ <u>27</u> |