

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

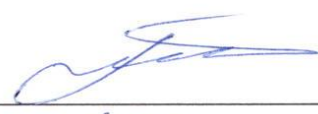
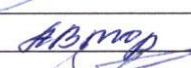
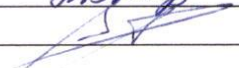
УТВЕРЖДАЮ
Директор ИШНКБ
Седнев Д.А.
«20» 06 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРИЕМ 2019 г.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная

ТЕОРИЯ ГОРЕНИЯ И ВЗРЫВА

Направление подготовки/специальность	20.03.01 Техносферная безопасность		
Образовательная программа (направленность (профиль))	Защита в чрезвычайных ситуациях		
Специализация	Защита в чрезвычайных ситуациях		
Уровень образования	высшее образование - бакалавриат		
Курс	4	семестр	7
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	6		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции	32	
	Практические занятия	32	
	Лабораторные занятия	24	
	ВСЕГО	88	
Самостоятельная работа, ч			128
в т.ч. отдельные виды самостоятельной работы с выделенной промежуточной аттестацией (курсовой проект, курсовая работа)			курсовая работа
ИТОГО, ч			216

Вид промежуточной аттестации	Экзамен, Диф. зачет	Обеспечивающее подразделение	ОКД ИШНКБ
------------------------------	---------------------	------------------------------	-----------

Заведующий кафедрой - руководитель отделения на правах кафедры отделения контроля и диагностики Руководитель ООП Преподаватель		Суржигов А.П.
		Вторушина А.Н.
		Перминов В.А.

2020 г.

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного ООП (п. 5. Общей характеристики ООП) состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

Код компетенции	Наименование компетенции	Составляющие результатов обучения	
		Код	Наименование
ПК(У)-10	способность использовать знание организационных основ безопасности различных производственных процессов в чрезвычайных ситуациях	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	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 дисциплинам вариативной части модуля специализации.

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.
Раздел 1. Введение. Основные понятия и определения. Явления горения и взрыва	РД1	Лекции	4
		Практические занятия	8
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	16
Раздел 2. Химическая термодинамика горения и взрыва. Расчет тепловых эффектов реакций горения	РД1, РД2	Лекции	2
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	16
Раздел 3. Кинетика реакций горения и взрыва. Расчет скоростей реакций горения.	РД1, РД2	Лекции	4
		Практические занятия	6
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	16
Раздел 4. Теория горения газовоздушных и паровоздушных смесей.	РД1, РД2	Лекции	4
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	16
Раздел 5. Массоперенос и теплопередача в процессах горения..	РД1, РД3	Лекции	6
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	16
Раздел 6. Теория горения дисперсных и горючих материалов.	РД1, РД2	Лекции	4
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	
		Самостоятельная работа	16
Раздел 7. Теория теплового взрыва.	РД1, РД2, РД3	Лекции	6
		Практические занятия	6
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	16
Раздел 8. Ударные волны	РД1, РД2, РД3	Лекции	2
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	
		Самостоятельная работа	16

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.
2. Понятие горения. Тепловой и цепной механизмы горения и взрыва. Виды и режимы

горения.

Темы практических занятий:

1. Расчет расхода воздуха при горении
2. Объем продуктов горения.
3. Расчет верхнего и нижнего концентрационных пределов воспламенения.
4. Расчет температурных пределов распространения пламени. Расчет температуры вспышки и воспламенения.

Названия лабораторных работ:

1. Определение температуры вспышки жидкостей в закрытом тигле
2. Определение температуры воспламенения жидкостей в закрытом тигле.

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 лекций:

1. Химическая термодинамика горения и взрыва.

Темы практических занятий:

1. Термохимия. Закон Гесса. Расчет тепловых эффектов реакций.
2. Зависимость теплового эффекта от температуры. Температура горения.

Названия лабораторных работ:

1. Определение температуры вспышки твердых веществ в закрытом тигле.
2. Определение температуры воспламенения твердых веществ в закрытом тигле.

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.
2. Кинетика реакций горения.

Темы практических занятий:

1. Элементы формальной кинетики реакций горения. Реакции 1-го, 2-го и 3-го порядков. Кинетика сложных реакций.
2. Расчет скорости реакций горения.
3. Уравнение Аррениуса и тепловой взрыв.

Названия лабораторных работ:

1. Определение температуры вспышки твердых веществ в открытом тигле.
2. Определение температуры воспламенения твердых веществ в открытом тигле.

Раздел 4. Теория горения газозооушных и парозооушных 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 лекций:

1. Теория горения газоздушных и паровоздушных смесей.
2. Математическое моделирование процессов распространения горения.

Темы практических занятий:

1. Распространение пламени. Нормальное горение.

Названия лабораторных работ:

1. Определение температуры вспышки жидкостей в открытом тигле.
2. Определение температуры воспламенения жидкостей в открытом тигле.

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.
2. Уравнения конвективного переноса тепла и вещества.
3. Математическое моделирование процессов тепло- и массопереноса при горении.

Темы практических занятий:

1. Математические модели процессов тепло- и массопереноса.

Названия лабораторных работ:

1. Математическое моделирование распространения горения и определения скорости 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.

Темы лекций:

1. Теория горения дисперсных и горючих материалов.
2. Математическое моделирование горения пористых материалов.

Темы практических занятий:

1. Тепло- массоперенос при горении пористых материалов.

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.
2. Химические реакции при взрывных превращениях.
3. Основные характеристики взрыва (Состав и объем продуктов, теплота, температура, давление и др.)

Темы практических занятий:

1. Расчет состава и объема продуктов взрывчатого разложения.
2. Определение теплоты, температуры и давления взрыва.
3. Расчеты параметров процессов горения и взрыва (температура и давление, волны давления, параметры огненного шара).

Названия лабораторных работ:

1. Математическое моделирование зажигания растительного покрова от огненного шара при взрыве углеводородов.

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.

Темы практических занятий:

1. Расчеты параметров ударной волны. Расчет тротилового эквивалента взрыва и безопасного расстояния по действию воздушных ударных волн.

Тематика курсовых работ:

Задание: в соответствии с вариантом (Таблица) студент выбирает химическое вещество из задания.

Курсовая работа состоит из трех разделов:

1). Для данного вещества необходимо рассчитать следующие параметры горения и взрыва: адиабатическую температуру горения, температуру взрыва, концентрационные пределы распространения пламени, минимальную флегматизирующую концентрацию азота; минимально взрывоопасное содержание кислорода, температурные пределы распространения пламени, температуру самовоспламенения, максимальное давление взрыва, тротиловый эквивалент вещества.

2). Определение параметров взрыва паровоздушной смеси в помещении заданных размеров (тротиловый эквивалент взрыва этой паровоздушной смеси, безопасное расстояние по действию воздушной ударной волны взрыва и т.д.).

3). Сравнение полученных расчетных значений со справочными данными.

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7
вещество	метан	пропан	бутан	этилен	гексан	октан	гептан

№ варианта	8	9	10	11	12	13	14
вещество	этан	пентан	пропилен	бутилен	водород	этан	бензол

№ варианта	15	16	17	18	19	20	21
вещество	сероводород	аммиак	арсин	ацетилен	окись углерода	силан	изобутан

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 экзамену.
- Выполнение курсового проекта. Максимальное количество баллов за выполнение курсового проекта (работы) в семестре (при наличии) – 100 баллов, в т.ч.:
 - в рамках текущего контроля – 40 баллов,
 - за промежуточную аттестацию (защиту) – 60 баллов.

Оценочные мероприятия текущего контроля по разделам и видам учебной деятельности приведены в Приложении «Календарный рейтинг-план изучения дисциплины», «Календарный рейтинг-план выполнения курсового проекта (работы)».

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: 28.02.2020). — 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: 28.02.2020). — 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: 28.02.2020). — 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: 28.02.2020). — Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ.

Дополнительная литература

1. 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.
2. 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: 28.02.2020). — Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ.

3. 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.
4. 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. Электронно-библиотечная система «Лань» - <https://e.lanbook.com/>
4. Виртуальный лабораторный комплекс по дисциплине «Теория горения и взрыва» - <http://lms.tpu.ru/course/view.php?id=10182>

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

7. 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) 634028, Томская область, г. Томск, Савиных улица, д. 7, 608	Моноблок Lenovo S50 - 1 шт.; Телевизор LG 60LX341C - 1 шт.; Шкаф вытяжной В-203 - 1 шт.; Прибор ТВЗ-ПХП с закрытым тиглем; Прибор ТВЗ-ПХП с открытым тиглем; Комплект учебной мебели на 30 посадочных мест.
2.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (компьютерный класс) 634028, Томская область, г. Томск, Савиных улица, д. 7, 609	Компьютер Intel i3550 - 11 шт.; Телевизор LED Samsung 55" - 1 шт.; Телевизор - 1 шт.; Компьютер - 13 шт.; Доска магнитно-маркерная 120x200 см - 1 шт.; 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 2019 г., очная форма обучения).

Разработчик(и):

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

Программа одобрена на заседании выпускающего отделения контроля и диагностики ИШНКБ (протокол от « 24 » 06 2019 г. №27).

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



/ А.П. Суржиков /

Лист изменений рабочей программы дисциплины:

Учебный год	Содержание /изменение	Обсуждено на заседании Отделения (протокол)
2020/2021 учебный год	1. Обновлено программное обеспечение 2. Обновлен состав профессиональных баз данных и информационно-справочных систем 3. Обновлен список литературы, в том числе ссылок ЭБС	протокол от « <u>1</u> » <u>09</u> <u>2020</u> г. №6-1