

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

**С.А. Лебедев**

## **ТЕОРИЯ ГОРЕНИЯ И ВЗРЫВА**

Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины для студентов,  
обучающихся в бакалавриате по направлению подготовки  
20.03.01 Техносферная безопасность

Калининград  
2022

УДК 639.2.081

Рецензент

кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» Н.А. Евдокимова

Лебедев, С.А. Теория горения и взрыва: учеб.-методич. пособие по изучению дисциплины для студ. бакалавриата по напр. подгот. 20.03.01 Техносферная безопасность / С.А. Лебедев. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2022. – 25 с.

В учебно-методическом пособии по изучению дисциплины «Теория горения и взрыва» представлены учебно-методические материалы по освоению тем лекционного курса, включающие подробный план лекции по каждой изучаемой теме, типовые тестовые задания по дисциплине, вопросы для самоконтроля.

Список лит. – 11 наименований

Локальный электронный методический материал. Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины. Рекомендовано к использованию в учебном процессе методической комиссией института рыболовства и аквакультуры ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» «29» июня 2022 г., протокол № 5

УДК 639.2.081

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Калининградский государственный технический университет», 2022 г.  
© Лебедев С.А., 2022 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	4
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К ЗАНЯТИЯМ .....	7
ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН ЗАНЯТИЙ .....	8
ТИПОВЫЕ ТЕСТОВЫЕ ВОПРОСЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....	12
ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....	21
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	23
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	24

## ВВЕДЕНИЕ

Учебно-методическое пособие разработано для направления подготовки 20.03.01 – Техносферная безопасность (для очной и заочной форм обучения) по дисциплине «Теория горения и взрыва», входящей в Блок 1. Дисциплины (модули). Обязательная часть. Общепрофессиональный модуль.

Изучение дисциплины базируется на знаниях, полученных студентами при освоении дисциплин «Физика», «Химия», «Ноксология», «Теплотехника», «Гидрогазодинамика».

Знания, полученные при освоении дисциплины «Теория горения и взрыва», используются при выполнении выпускной квалификационной работы и в профессиональной деятельности.

Дисциплина «Теория горения и взрыва» является базовой дисциплиной, формирующей у обучающихся знания о теоретических основах прогнозирования условий образования горючих и взрывоопасных систем, определения параметров инициирования горения и взрыва и оценки возможности перехода горения во взрыв, навыков анализа потенциальной взрывоопасности смесей горючего с окислителем, определения термодинамических параметров горения и взрыва, расчета давления в ударных волнах и прогнозирования разрушающего действия взрыва.

Целью дисциплины является освоение компетенций в соответствии с образовательной программой.

Дисциплина имеет целью также сформировать у будущего специалиста представления об опасных свойствах веществ, о законах классического взрыва и горения, чтобы правильно формулировать законы, управляющие горением, организовывать профилактические меры против возникновения самовоспламенения, самовозгорания, меры по снижению интенсивности неуправляемого горения.

Задачи изучения дисциплины:

- приобретение студентами знаний, способствующих адекватной качественной оценке процессов горения и взрыва в конкретных технологических условиях;
- освоение методов расчёта характеристик смесей различных горючих веществ, составления балансов процесса горения любого вида топлива, технологических методов расчета процесса горения;
- формирование навыков, необходимых для количественного определения физико-химических параметров горения и взрыва.

В результате освоения учебной дисциплины обучающиеся должны:

**знать:**

- теоретические основы процессов горения;

- физико-химические процессы, протекающие в горючих веществах;
- классификацию процессов горения и пламен, типы взрывов;
- особенности процессов горения веществ в различном агрегатном состоянии;

- меры безопасности при работе с горючими веществами;

**уметь:**

- определять основные физические характеристики органических веществ;

- пользоваться нормативно-технической документацией по вопросам пожаро- и взрывобезопасности;

- рассчитывать материальные балансы процессов горения веществ в различном агрегатном состоянии;

- рассчитывать основные характеристики и параметры процессов горения и взрыва;

**владеть:**

- представлениями о способах хранения и эксплуатации горючих веществ;

- методиками определения основных характеристик горючих веществ;

- методиками расчетов процессов горения и взрыва.

Текущий контроль осуществляется после рассмотрения на лекциях соответствующих тем в форме тестовых заданий по отдельным темам.

Оценивание осуществляется по следующим критериям:

«Отлично» - 90-100% правильных ответов в тесте;

«Хорошо» - 70-90% правильных ответов в тесте;

«Удовлетворительно» - 50-70% правильных ответов в тесте;

«Неудовлетворительно» - менее 50% правильных ответов в тесте.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета.

Итоговая оценка «зачтено» выставляется при условии, если студент:

- прошел все предусмотренные учебным планом виды занятий;

- выполнил все предусмотренные учебным планом виды работ;

- прошел все установленные рабочей программой дисциплины виды текущего контроля на оценку не ниже «удовлетворительно».

Учебно-методическое пособие состоит из:

введения, где указаны: шифр, наименование направления подготовки (специальности); дисциплина учебного плана, для изучения которой оно предназначено; цель и планируемые результаты освоения дисциплины; место дисциплины в структуре ОПОП ВО; виды текущего контроля, последовательности его проведения, критерии и нормы оценки (отметки); форма проведения про-

межуточной аттестации; критерии и нормы оценки (текущей и промежуточной аттестации);

основной части, которая содержит методические рекомендации к занятиям; тематический план лекционных занятий; типовые тестовые задания по дисциплине, вопросы для самоконтроля;

заключения;

списка рекомендованных источников.

## МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К ЗАНЯТИЯМ

Осваивая курс «Теория горения и взрыва», студент должен научиться работать на лекциях, лабораторных занятиях и организовывать самостоятельную работу. В начале лекции необходимо уяснить цель, которую лектор ставит перед собой и студентами. Важно внимательно слушать, отмечать наиболее существенную информацию и кратко ее конспектировать; укладывать новую информацию в собственную, уже имеющуюся, систему знаний. По ходу лекции необходимо подчеркивать новые термины, определения, устанавливая их взаимосвязь с изученными ранее понятиями. На лекциях рассматриваются теоретические вопросы дисциплины, контролируются результаты освоения учебного материала с помощью тестирования по окончании рассмотрения раздела.

Самостоятельная работа должна осуществляться как на основе использования учебно-методической литературы, так и интернет-ресурсов. Самостоятельное изучение теоретического материала является элементом обучения самостоятельному приобретению новых знаний как одной из важнейших профессиональных компетенций.

Подготовка к выполнению и выполнение расчетных заданий направлено на закрепление теоретического материала. В расчетных заданиях по индивидуальным исходным данным студенты проводят расчет теплоты горения, температуры горения, температуры самовоспламенения, температуры и давления в детонационном процессе горения, параметров волны давления при детонационном горении.

## ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН ЗАНЯТИЙ

### **Тема 1. Общие вопросы горения.**

**Цель и задачи дисциплины. Место дисциплины в структуре образовательной программы. Планируемые результаты освоения дисциплины.**

#### **Вопросы для обсуждения:**

Развитие представлений о горении, место процесса горения в развитии цивилизации. Различные подходы к определению процесса горения. Физико-химические основы процесса горения. Понятие горючей смеси и горючей системы. Стадии процесса горения. Пространственное распространение, как характерная особенность процесса горения и механизмы распространения пламени. Детонация и дефлаграция. Понятие скорости горения. Основы классификации горючих смесей и процессов горения. Гомогенные и гетерогенные смеси. Влияние различных факторов на процесс горения.

**Тема 2. Процесс горения в в теплосиловых и теплоэнергетических установках.**

#### **Вопросы для обсуждения:**

Экологические аспекты процессов горения. Понятие горючей смеси. Горючая система ее состав и условия горения. Инициация процесса горения. Виды окислителя. Характеристики процесса горения: коэффициент горючести, характер свечения пламени. Горючие техногенные вещества. Классификация горючих веществ и смесей по составу и агрегатному состоянию. Уравнения горения веществ в кислороде и на воздухе, методика их составления. Соотношение горючего вещества и окислителя в системе. Классификация гомогенных смесей по соотношению горючего вещества и окислителя. Мольная доля горючего вещества; стехиометрический коэффициент реакции горения. Продукты сгорания и зависимость их состава от состава горючего вещества. Полное и неполное сгорание.

**Тема 3. Расчет процесса горения: состав горючей смеси и расчет количества воздуха, необходимого для горения.**

#### **Вопросы для обсуждения:**

Расчетные параметры процесса горения. Задание состава горючего материала. Индивидуальные горючие вещества и горючие смеси. Топливо и его элементный состав. Рабочая, сухая, горючая и органическая массы топлива. Условия пересчета масс. Процесс горения топлива. Расчет воздуха, необходимого для сгорания индивидуальных веществ в различном агрегатном состоянии. Условия горения, отличные от нормальных. Учет коэффициента избытка воздуха. Расчет воздуха, необходимого для сгорания сложных горючих смесей в различном агрегатном состоянии. Теоретически необходимое и действительное количество воздуха. Избыток воздуха и коэффициент избытка. Влияние

температуры и давления на процесс горения. Соотношение продуктов сгорания и их состав при различных значениях коэффициента избытка воздуха.

#### **Тема 4. Расчет процесса горения: расчет продуктов сгорания.**

##### **Вопросы для обсуждения:**

Продукты сгорания и их состав. Сухие и влажные продукты сгорания. Зависимость температуры горения и состава продуктов сгорания от количества окислителя. Горение органических веществ и продукты их сгорания. Полное и неполное сгорание смеси. Горение неорганических веществ и продукты их сгорания. Термоокислительные реакции и зависимость состава их продуктов от температуры. Расчет продуктов сгорания индивидуальных веществ в различных агрегатных состояниях при нормальных условиях и в условиях, отличных от нормальных. Расчет продуктов сгорания сложных горючих газообразных смесей. Особенности расчета продуктов сгорания сложных горючих смесей в жидком и твердом состоянии. Влияние внешних условий на состав и объем продуктов сгорания. Процентный состав продуктов сгорания и особенности его расчета для горючих смесей в различном агрегатном состоянии. Оценка условий горения по процентному составу продуктов сгорания.

#### **Тема 5. Термодинамика процессов горения.**

##### **Вопросы для обсуждения:**

Тепловые эффекты реакций горения. Процессы, протекающие при горении в эндо- и экзотермических реакциях. Теплота горения и теплота сгорания веществ. Расчет теплоты сгорания на основании закона Гесса. Экспериментальное определение теплоты сгорания. Низшая и высшая теплоты сгорания. Формулы Менделеева для определения высшей и низшей теплоты сгорания веществ сложного состава. Расчет теплоты сгорания для веществ различного состава и агрегатных состояний. Нижний предел теплоты сгорания веществ. Температура горения и способы ее определения. Теоретическая температура горения. Адиабатическая (калориметрическая) температура горения. Расчет теплоемкости продуктов сгорания. Действительная температура горения. Распределение температуры в зоне горения и ее зависимость от условий горения. Методики определения температуры горения.

#### **Тема 6. Типы пламен и скорость горения.**

##### **Вопросы для обсуждения:**

Предварительно перемешанные и предварительно не перемешанные смеси горючих веществ с окислителем. Примеры. Структура пламени. Системы с различными типами пламен. Ламинарные пламена предварительно перемешанной смеси. Распространение плоского ламинарного пламени. Пламя бунзеновской горелки. Кинетическое горение. Зависимость скорости горения от направления потока. Фоторегистрация пламени. Ламинарные пламена предварительно неперемешанной смеси. Диффузионное горение. Горение свечи. Ламинарные

пламена с параллельными потоками и противотоком. Пламена предварительно не перемешанной смеси с быстрыми реакциями. Турбулентные пламена. Модели турбулентности. Турбулентные пламена предварительно перемешанной смеси. Скорость распространения турбулентного пламени. Турбулентные пламена предварительно неперемешанной смеси. Особенности применения смесей различного типа.

### **Тема 7. Воспламенение и возгорание горючих смесей. Инициация процессов горения.**

#### **Вопросы для обсуждения:**

Действие источника воспламенения (зажигания) на горючую смесь. Искровое зажигание и его особенности: успешное зажигание, отказ от зажигания. Методы исследования параметров зажигания. Поведение смесей при искровом зажигании. Источники искрового зажигания: высоковольтная и низковольтная искра, их разновидности и особенности использования. Пределы зажигания. Охлаждающее действие электродов. Влияние состава горючей смеси на характеристики источника зажигания. Зажигание накаливаемой поверхностью. Влияние температуры и площади поверхности на процесс зажигания. Особенности процесса зажигания накаливаемой поверхностью: каталитические процессы, влияние природы металла. Процессы, протекающие при горении. Стадии горения веществ в различном агрегатном состоянии.

Теории самовоспламенения. Виды самовоспламенения и скорость процесса. Тепловыделение и теплоотвод, зависимость процесса самовоспламенения от этих характеристик. Анализ кривых теплового самовоспламенения. Цепное самовоспламенение. Температура самовоспламенения, ее зависимость от состава горючей смеси, начальной температуры и др. факторов. Период индукции и факторы, на него влияющие. Возгорание и воспламенение; температуры, характеризующие данные процессы.

### **Тема 8. Кинетика процессов горения.**

#### **Вопросы для обсуждения:**

Влияние различных факторов на скорость горения. Молекулярность и порядок реакций горения. Изменение концентрации во времени для реакций первого, второго и третьего порядка. Зависимость энергии активации от молекулярности реакций. Элементарные реакции процессов окисления различных горючих веществ. Экспериментальные исследования элементарных реакций. Поверхностные реакции.

### **Тема 9. Горение различных систем.**

#### **Вопросы для обсуждения:**

Теория горения газовых смесей. Работы Зельдовича. Температура и скорость распространения фронта пламени. Давление при взрыве газо- и паровоздушных смесей, температура взрыва. Концентрационные пределы распростра-

нения пламени, их определение и использование. Факторы, влияющие на концентрационные пределы распространения. Горение жидкостей. Температурные пределы воспламенения и температура вспышки. Скорость выгорания. Горение пылевоздушных смесей. Пожароопасность пылей. Теория горения аэрозвесей. Горение твердых веществ. Особенности состава, строения и процессов горения твердых веществ. Горение древесины. Горение металлов. Пиролиз полимерных материалов. Оценка пожарной опасности горючих веществ. Общая характеристика процессов, протекающих при нагревании и горении веществ в различном агрегатном состоянии. Избыточное давление при взрыве веществ в различном агрегатном состоянии.

#### **Тема 10. Теории взрыва.**

##### **Вопросы для обсуждения:**

Детонационная волна. Коэффициент жесткости взрывных газов. Скорость детонационной волны, способы ее определения. Удельная энергия взрыва. Действие взрывных газов. Ударная волна. Теория ударных волн для газовых сред. Работы Ренкина и Гюгонио. Отражение волны. Работы Маха. Распределение энергии при взрыве: энергия ударной волны, остаточная энергия, кинетическая и тепловая энергия осколков оболочки, кинетическая и тепловая энергия источника, излучение. Распространение взрыва. Кумулятивный эффект и его использование. Взрыв в воздухе. Параметры ударной волны при взрыве в воздухе. Давление на фронте ударной волны. Скорость, время действия и импульс ударной волны.

## ТИПОВЫЕ ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### Вариант № 1

1. Какой прибор служит для измерения избыточного давления газа:

- 1) барометр-анероид;
- 2) газовый счетчик;
- 3) манометр;
- 4) ареометр?

2. Кто из отечественных ученых разработал теорию цепных реакций:

- 1) Иванов;
- 2) Семенов;
- 3) Левин;
- 4) Померанцев?

3. Каково содержание кислорода в воздухе:

- 1) 79 % об.;
- 2) 21 % об.;
- 3) 100 % об.;
- 4) 45 % об.?

4. Как называется температура горения при условии адиабатического процесса сжигания газа:

- 1) теоретическая;
- 2) калориметрическая;
- 3) жаропроизводительность;
- 4) адиабатическая?

5. Кто автор зависимости, по которой определяют концентрационные пределы воспламенения:

- 1) Семенов;
- 2) Ле Шателье;
- 3) Аррениус;
- 4) Зельдович?

6. Кто из российских ученых внес весомый вклад в развитие теории горения:

- 1) Хитрин;
- 2) Семенов;
- 3) Петров;

- 4) Зельдович;
- 5) Франк-Каменецкий;
- 6) Ионин?

7. Какое название получила температура горения при сжигании газа при и с учетом физической теплоты газа и воздуха:

- 1) теоретическая;
- 2) адиабатическая;
- 3) жаропроизводительность;
- 4) калориметрическая;
- 5) действительная;
- 6) максимальная?

8. Кто из ученых установил наличие экспоненциальной зависимости между константой скорости реакции и температурой:

- 1) Ломоносов;
- 2) Зельдович;
- 3) Аррениус;
- 4) Льюис;
- 5) Эльбе;
- 6) Семенов?

9. При каком горении скорость реакции достигает наибольшего значения:

- 1) диффузионном;
- 2) кинетическом;
- 3) смешанном;
- 4) во всех перечисленных;
- 5) атмосферном?

10. Какой критерий устанавливает ламинарное или турбулентное горение:

- 1) Фруда;
- 2) Прандтля;
- 3) Рейнольдса;
- 4) Грасгофа;
- 5) Архимеда;
- 6) Ньютона?

## Вариант № 2

1. Какова зависимость между константой скорости реакции горения и абсолютной температурой:

- 1) прямо пропорциональная;
- 2) обратно пропорциональная;
- 3) экспоненциальная;
- 4) этой зависимости нет?

2. Кем разработана тепловая теория самовоспламенения газовых смесей:

- 1) Ломоносовым;
- 2) Семеновым;
- 3) Зельдовичем;
- 4) Аррениусом?

3. Как называется горение, если оно протекает при недостатке окислителя:

- 1) полное;
- 2) смешанное;
- 3) неполное;
- 4) кинетическое?

4. Чему равна удельная теплота сгорания условного топлива:

- 1) 35 000 кДж/кг;
- 2) 29 300 кДж/кг;
- 3) 100 000 кДж/кг;
- 4) 20 000 кДж/кг?

5. Каково соотношение между килокалорией и килоджоулем:

- 1) 1 ккал = 1 кДж;
- 2) 1 ккал = 10 кДж;
- 3) 1 ккал = 4,19 кДж;
- 4) 1 ккал = 0,24 кДж?

6. Кто из российских ученых за разработку теории цепных реакций горения получил Нобелевскую премию:

- 1) Хитрин;
- 2) Семенов;
- 3) Зельдович;
- 4) Петров?

7. Каково содержание азота по объему в воздухе:

- 1) 21 % об.;
- 2) 29 % об.;
- 3) 79 % об.;
- 4) 50 % об.?

8. Как называется отношение действительного количества воздуха, подаваемого на горение, к теоретически необходимому:

- 1) расход воздуха;
- 2) коэффициент горения;
- 3) коэффициент избытка воздуха;
- 4) коэффициент разбавления?

9. Какой объем при нормальных условиях занимает каждый киломоль любого газа:

- 1) 22 м<sup>3</sup>;
- 2) 22,4 м<sup>3</sup>;
- 3) 24 м<sup>3</sup>;
- 4) 122 м<sup>3</sup>?

10. Как называется величина, показывающая, во сколько раз теплота сгорания газа больше теплоты сгорания условного топлива:

- 1) коэффициент приведения;
- 2) тепловой эквивалент;
- 3) коэффициент сравнения;
- 4) тепловой коэффициент?

### **Вариант № 3**

1. Кто из перечисленных ученых заложил основы теории распространения пламени:

- 1) Бекон и Бойль;
- 2) Ломоносов и Лавуазье;
- 3) Михельсон и Ле Шателье;
- 4) Фарадей и Бунзен?

2. В каких единицах (градусах) системы СИ измеряется температура газа:

- 1) Цельсия;
- 2) Фаренгейта;
- 3) Реомюра;

4) Кельвина?

3. Какие компоненты входят в состав продуктов неполного горения:

- 1) водяные пары;
- 2) углеводороды;
- 3) углекислый газ;
- 4) сернистый газ?

4. При каком виде горения пламя становится коротким с максимальной температурой в ядре:

- 1) диффузионном;
- 2) кинематическом;
- 3) кинетическом;
- 4) динамическом?

5. Теплота сгорания газа бывает:

- 1) средняя;
- 2) высокая;
- 3) высшая;
- 4) низшая;
- 5) малая.

6. Какой прибор служит для измерения и контроля атмосферного давления воздуха:

- 1) барометр;
- 2) манометр;
- 3) ареометр;
- 4) газоанализатор?

7. Кто из зарубежных ученых разработал теорию цепных реакций:

- 1) Фенимор;
- 2) Льюис;
- 3) Хиншелвуд;
- 4) Эльбе?

8. Как называется температура горения при сжигании газа с учетом теплоты диссоциации воды и углекислого газа:

- 1) действительная;
- 2) калориметрическая;
- 3) теоретическая;

4) адиабатическая?

9. Как можно называть горение, если оно происходит с достаточным избытком воздуха:

- 1) неполное;
- 2) кинетическое;
- 3) полное;
- 4) смешанное?

10. Какие компоненты входят в состав продуктов неполного горения:

- 1) водяные пары;
- 2) диоксид углерода;
- 3) оксид углерода;
- 4) углеводороды?

#### **Вариант № 4**

1. Кто из русских ученых установил автокаталитический характер химических реакций:

- 1) Иванов;
- 2) Петров;
- 3) Шилов;
- 4) Семенов?

2. Факторы, влияющие на повышенный выброс сажистых частиц при горении:

- 1) расход мазута;
- 2) зольность топлива;
- 3) теплота сгорания топлива;
- 4) содержание серы в топливе;
- 5) давление.

3. Какие компоненты относятся к продуктам полного сгорания:

- 1) оксид углерода;
- 2) диоксид углерода;
- 3) водород;
- 4) водяные пары?

4. Факторы, влияющие на повышенный выброс оксидов серы при горении:

- 1) зольность топлива;
- 2) сернистость топлива;
- 3) расход топлива;
- 4) теплота сгорания топлива;
- 5) тепловой эквивалент.

5. Какой вид горения характеризуется растянутым пламенем с относительно равномерной температурой по длине:

- 1) кинетическое;
- 2) диффузионно-кинетическое;
- 3) диффузионное;
- 4) адиабатное?

6. Какой русский ученый ввел понятие жаропроизводительности (температуры горения):

- 1) Ломоносов;
- 2) Семенов;
- 3) Менделеев;
- 4) Левин?

7. Укажите единицы измерения давления газа:

- 1) бар;
- 2) баррель;
- 3) паскаль;
- 4) джоуль;
- 5) калория?

8. Основной причиной образования химического недожога газа является:

- 1) температура горения;
- 2) скорость горения;
- 3) большой избыток воздуха;
- 4) недостаток окислителя.

9. Из перечисленных компонентов укажите те, которые относятся к продуктам неполного горения:

- 1) водород;
- 2) водяные пары;
- 3) диоксид углерода;
- 4) оксид углерода.

10. Укажите единицу измерения температуры газа в системе СИ:

- 1) С;
- 2) К;
- 3) F;
- 4) R;
- 5) Па.

### **Вариант № 5**

1. Кто из зарубежных ученых сформулировал идеи современной теории горения:

- 1) Дальтон и Томсон;
- 2) Дэви и Румфорд;
- 3) Вольта и Бертолле;
- 4) Льюис и Эльбе?

2. В каких единицах в системе СИ измеряется давление газа:

- 1) в бар;
- 2) атмосферах;
- 3) паскалях;
- 4) миллиметрах ртутного столба?

3. Укажите единицы измерения теплоты сгорания газа:

- 1) кг/м<sup>3</sup>;
- 2) м<sup>3</sup>/кг;
- 3) кг/град;
- 4) кДж/м<sup>3</sup>;
- 5) м<sup>3</sup>/кДж.

4. Укажите компоненты, входящие в состав продуктов неполного горения:

- 1) сажистые частицы;
- 2) углеводороды;
- 3) углекислый газ;
- 4) угарный газ.

5. В каких единицах измеряется плотность газа:

- 1) м<sup>3</sup>/кг;
- 2) м<sup>3</sup>/кДж;
- 3) кг/м<sup>3</sup>;
- 4) кДж/м<sup>3</sup>;
- 5) кг/град?

6. Какие ученые связаны с исследованиями в области горения:

- 1) Ломоносов;
- 2) Лавуазье;
- 3) Бунзен;
- 4) Дальтон;
- 5) Хоттел;
- 6) Браун?

7. Что является главной причиной образования продуктов неполного сгорания при сжигании газа:

- 1) чрезмерный избыток воздуха;
- 2) низкая температура горения;
- 3) плохое смесеобразование;
- 4) малые избытки воздуха?

8. Что можно отнести к продуктам полного сгорания топлива:

- 1) диоксид углерода;
- 2) углеводороды;
- 3) водяные пары;
- 4) оксид углерода?

9. Назовите единицы измерения удельного объема газа:

- 1) кДж/кг;
- 2) кг/кДж;
- 3) кг/м<sup>3</sup>;
- 4) м<sup>3</sup>/кг;
- 5) м<sup>3</sup>/град?

10. При каком виде горения наиболее вероятно появление продуктов неполного сгорания:

- 1) кинетическом;
- 2) диффузионном;
- 3) диффузионно-кинетическом;
- 4) полном?

## ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Какие загрязняющие вещества образуются при горении?
2. Условия полного сгорания углеводородного топлива?
3. Продукты неполного сгорания топлива и механизмы их образования.
4. Источники и механизмы образования окислов азота при сжигании органических топлив.
5. Скорость химической реакции. Зависимость скорости химической реакции от времени, концентрации, температуры, давления.
6. Диссоциация продуктов горения. Влияние диссоциации на температуру горения.
7. Что такое горение? Охарактеризуйте тепловой эффект реакции горения.
8. Приведите химические уравнения реакций горения водорода и оксида углерода.
9. Приведите реакции горения любого углеводородного газа.
10. В чем сущность цепного механизма реакций горения?
11. Приведите пример цепной реакции горения водорода.
12. Как производится расчет продуктов горения?
13. Что такое жаропроизводительность? Приведите формулу её определения.
14. В чём отличие калориметрической и теоретической температур горения?
15. Как рассчитать действительную температуру горения?
16. Что понимают под температурой воспламенения?
17. Что понимают под нижним и верхним концентрационным пределом воспламенения?
18. Как можно рассчитать давление, возникающее при взрыве газов?
19. Что понимают под нормальной скоростью распространения пламени?
20. Приведите значения максимальной нормальной скорости распространения пламени для различных горючих газов.
21. В каком случае горения имеет место равномерная скорость распространения пламени?
22. Дайте характеристику распространения пламени в ламинарном потоке.
23. Охарактеризуйте распространение пламени в турбулентном потоке.
24. Что такое отрыв пламени и каковы его последствия?
25. Что такое проскок пламени и каковы его последствия?
26. Какие вы знаете методы стабилизации пламени?
27. При каких значениях скоростей может произойти проскок пламени при сжигании природного и сжиженного газа?
28. Как можно рассчитать максимальные значения скоростей смеси газа с воздухом, при которых возможен проскок пламени?
29. Какие принципы сжигания газов вы знаете?

30. Дайте характеристику диффузионного принципа сжигания газов.
31. Дайте характеристику кинетического способа сжигания газов.
32. Охарактеризуйте диффузионно-кинетический метод сжигания газов.
33. Охарактеризуйте структуру свободного диффузионного пламени в случаях ламинарного и турбулентного горения.
34. В чем принципиальное отличие строения ламинарного и турбулентного пламени

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Важную роль в деле подготовки специалистов по техносферной безопасности играет дисциплина «Теория горения и взрыва». В ее задачу входит: дать современные научные представления об основных понятиях и определениях, характеризующих пожарную опасность веществ и материалов, закономерностях процессов возникновения и развития устойчивого горения, методики оценки пожаровзрывоопасности среды.

Глубокое изучение такого сложного и многофакторного явления, как процесс горения, практически невозможно без выполнения решения задач по расчету параметров пожарной опасности веществ и материалов.

В результате освоения дисциплины студент овладевает методами расчета параметров пожарной опасности веществ и более углубленного понимания закономерностей процессов воспламенения, распространения горения и его прекращения.

## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

### **Основная литература:**

1. Девисилов, В.А. Теория горения и взрыва: учебник / В.А. Девисилов, Т.И. Дроздова, А.И. Скушникова. – Москва: ИНФРА-М, 2017. – 262 с. (ЭБС «ИНФРА-М»)

### **Дополнительная литература:**

1. Девисилов, В.А. Теория горения и взрыва: учебник / В.А. Девисилов, Т.И. Дроздова, А.И. Скушникова. – Москва: НИЦ ИНФРА-М, 2015. – 262 с. (ЭБС «ИНФРА-М»)

2. Девисилов, В.А. Теория горения и взрыва: практикум: учебное пособие / В.А. Девисилов, Т.И. Дроздова, С.С. Тимофеева. – 2 изд., перераб. и доп. – Москва: Форум: НИЦ ИН-ФРА-М, 2015. – 384 с. (ЭБС «ИНФРА-М»)

3. / Шапров, М.Н. Теория горения и взрыв: учебное пособие / М.Н. Шапров. – Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2016. – 92 с. (ЭБС «ИНФРА-М»)

Локальный электронный методический материал

Лебедев Сергей Анатольевич

## **ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**

Редактор И. Голубева

Локальное электронное издание

Уч.-изд. л. 2,3. Печ. л. 1,6

Федеральное государственное  
бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Калининградский государственный технический университет»,  
236022, Калининград, Советский проспект, 1