



**ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ
АВТОНОМНАЯ НЕКОММЕРЧЕСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ
«ТЕХНИЧЕСКИЙ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНЫЙ КОЛЛЕДЖ» (ПОАНО «ТПСК»)**

367012, РД, г. Махачкала, ул. Магомеда Гаджиева, 22; 367007, РД, г. Махачкала, ул. Магомедтагирова, 39а. Конт. тел: 8-906-450-00-59;
8-989-890-01-02. E-mail: tpsk2019@bk.ru; muradalieva_alfiya@mail.ru. Сайт: pojar-spas.ru. Telegram: https://t.me/pojar_spas



УТВЕРЖДАЮ:

Директор ПОАНО «ТПСК»

«30» января 2025 г

_____ А.В. Мурадалиева

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
ОП.07 ТЕОРИЯ ГОРЕНИЯ И ВЗРЫВА**

**Специальность 20.02.04 Пожарная безопасность
Квалификация «Специалист по пожарной безопасности»
Форма обучения - очная**

**Нормативный срок обучения
на базе среднего общего образования 2 года 10 месяцев**

МАХАЧКАЛА 2025 г

Организация - разработчик

ПОАНО ТПСК

Составитель (составители):

Исаева П.М.

СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ	4
2. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ	7
3. УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ	11
4. КОНТРОЛЬ И ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ	12
5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ	15

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Область применения программы

Рабочая программа учебной дисциплины ОП.07 Теория горения и взрыва является частью основной профессиональной образовательной программы в соответствии с ФГОС по специальности СПО 20.02.04 Пожарная безопасность.

1.2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы:

Учебная дисциплина ОП.07 Теория горения и взрыва является одной из дисциплин общепрофессионального цикла и изучается в 7-м семестре.

1.3. Планируемые результаты освоения дисциплины:

В результате изучения программы учебной дисциплины студент должен освоить следующие виды деятельности и соответствующие ему профессиональные компетенции:

1. Выполнение работ по осуществлению караульной службы, тушению пожаров, проведению аварийно-спасательных работ:

Код	Профессиональные компетенции
ПК 1.1.	Осуществлять караульную службу
ПК 1.2.	Выполнять работы по приемке (передаче) и обслуживанию технических средств, пожарного оборудования, инструмента и средств индивидуальной защиты
ПК 1.3.	Выполнять работы по спасению, защите, эвакуации людей и имущества из зоны пожара, оказанию первой помощи пострадавшим
ПК 1.4.	Выполнять работы по тушению пожаров и проводить аварийно-спасательные работы, связанные с тушением пожаров, в том числе в составе звена газодымозащитной службы
ПК 1.5.	Выполнять работы по эксплуатации первичных средств пожаротушения и установок пожаротушения
ПК 1.6.	Применять средства телефонной и радиосвязи
ПК 1.7.	Выполнять работы по защите населенных пунктов и объектов инфраструктуры от угрозы лесных (природных) пожаров

2. Выполнение работ по профилактике пожаров.

Код	Профессиональные компетенции
ПК 2.1.	Анализировать пожарную опасность объектов
ПК 2.2.	Организовывать противопожарный режим на объекте защиты
ПК 2.3.	Проводить противопожарную пропаганду
ПК 2.4.	Осуществлять контроль за соблюдением противопожарного режима на объекте защиты
ПК 2.5.	Проводить инструктирование и организовывать обучение работников организаций и граждан мерам пожарной безопасности, мероприятиям по гражданской обороне и защите населения и территории от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера
ПК 2.6.	Осуществлять контроль за состоянием противопожарного водоснабжения в районе выезда подразделения

3. Организация тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ (по выбору).

Код	Профессиональные компетенции
ПК 3.1.	Руководить деятельностью отделения (караула) пожарной части (отдельного поста) при тушении пожаров и проведении аварийно-спасательных работ, связанных с тушением пожара

ПК 3.2.	Руководить деятельностью отделения (караула) пожарной части (отдельного поста) при тушении пожаров с использованием средств индивидуальной защиты органов дыхания и зрения в непригодной для дыхания среде
ПК 3.3.	Организовывать деятельность дежурного караула (смены) пожарной части (отдельного поста) во время несения суточного дежурства в расположении части
ПК 3.4.	Организовывать действия дежурного караула (смены) по сбору, выезду и следованию к месту пожара (вызова)
ПК 3.5.	Организовывать боевую подготовку личного состава отделения дежурного караула (смены)
ПК 3.6.	Организовывать действия по тушению пожаров с применением автоматизированных (роботизированных) и перспективных установок пожаротушения
ПК 3.7.	Анализировать действия подразделений пожарной охраны по тушению пожаров, проведению аварийно-спасательных работ, связанных с тушением пожаров, и планировать действия пожарных подразделений
ПК 3.8.	Выполнять работы по приемке (передаче) и содержанию в состоянии постоянной готовности к тушению пожара и проведению поисково-спасательных работ мобильных средств пожаротушения, средств связи, средств индивидуальной защиты и спасения, огнетушащих веществ и специальных агрегатов, аварийно-спасательной техники
ПК 3.9.	Организовывать службу и подготовку личного состава, осуществляющего дежурство на мобильных средствах пожаротушения, в том числе на специальной пожарной технике, в подразделениях пожарной охраны
ПК 3.10.	Обеспечивать работоспособность и организовывать подготовку к эксплуатации мобильных средств пожаротушения
ПК 3.11.	Организовывать тушение пожаров с применением мобильных средств пожаротушения, в том числе специальных пожарных автомобилей
ПК 3.12.	Организовывать тушение пожаров с применением мобильных средств пожаротушения, в том числе специальных пожарных автомобилей пожарного оборудования, средств индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре

3. Обеспечение противопожарного режима на объекте (по выбору)

Код	Профессиональные компетенции
ПК 3.1.	Планировать пожарно-профилактические работы на объекте
ПК 3.2.	Организовывать систему обеспечения пожарной безопасности объекта защиты
ПК 3.3.	Осуществлять планирование и проведение проверок объектов защиты
ПК 3.4.	Обеспечивать выполнение противопожарных мероприятий, предусмотренных правилами, нормами и стандартами
ПК 3.5.	Проводить правоприменительную деятельность по пресечению нарушений требований пожарной безопасности при эксплуатации объектов, зданий и сооружений
ПК 3.6.	Участвовать в дознании (расследовании) по делам о пожарах
ПК 3.7.	Контролировать содержание в исправном состоянии технических средств и систем автоматической противопожарной защиты, правильность монтажа и обслуживания оборудования
ПК 3.8.	Рассчитывать пути эвакуации, составлять планы эвакуации персонала из зданий и сооружений
ПК 3.9.	Проводить расчеты необходимых расходов воды на наружное и внутреннее пожаротушение
ПК 3.11.	Осуществлять общее руководство по тушению пожара до прибытия пожарных подразделений, организовывать работы по содействию пожарной охране при тушении пожаров
ПК 3.12.	Разрабатывать технические решения по профилактике пожаров

Освоение учебной дисциплины направлено на развитие общих компетенций:

Код	Общие компетенции
ОК 1.	Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам;
ОК 2.	Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности;
ОК 3.	Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие, предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере, использовать знания по финансовой грамотности в различных жизненных ситуациях;
ОК 4.	Эффективно взаимодействовать и работать в коллективе и команде;
ОК 5.	Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста;
ОК 6.	Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей, в том числе с учетом гармонизации межнациональных и межрелигиозных отношений, применять стандарты антикоррупционного поведения;
ОК 7.	Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, применять знания об изменении климата, принципы бережливого производства, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях;
ОК 8.	Использовать средства физической культуры для сохранения и укрепления здоровья в процессе профессиональной деятельности и поддержания необходимого уровня физической подготовленности;
ОК 9.	Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

В результате освоения учебной дисциплины студент должен:

уметь	–читать рабочие, сборочные и строительные чертежи и схемы по профилю специальности; –выполнять эскизы, технические рисунки и чертежи деталей, их элементов, узлов; –выполнять графические изображения схем проведения аварийно-спасательных работ;	–
знать	–виды нормативно-технической и производственной документации; –правила чтения конструкторской и технологической документации; –способы графического представления объектов, пространственных образов и схем; –требования государственных стандартов Единой системы конструкторской документации, Единой системы проектной документации для строительства и Единой системы технологической документации; –правила выполнения чертежей, технических рисунков, эскизов и схем; –технику и принципы нанесения размеров; –типы и назначение спецификаций, правила их чтения и составления	–

2. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Объём часов
Максимальная учебная нагрузка (всего)	34
Обязательные аудиторные учебные занятия (всего)	32
в том числе:	
занятия на уроке	18
практические занятия	14
Внеаудиторная (самостоятельная) учебная работа(всего)	2
Промежуточная аттестация в форме – д и ф ф . з а ч е т 7 семестр	

2.2. Тематический план и содержание учебной дисциплины

Наименование разделов и тем	Содержание учебного материала и формы организации деятельности обучающихся		Объем часов
1	2		3
	Содержание учебного материала	ОК, ПК	
Тема 1. Физико-химические основы горения	1. Физико-химические основы горения	ОК 1-9; ПК 1.1-1.7 ПК 2.1-2.6, ПК 3.1-3.12	
	Тематика учебных занятий		2
	1. 1.1. Физико-химические основы горения (комбинированный урок)		2
Тема 2. Физико-химические свойства горючих веществ и материалов	Содержание учебного материала	ОК, ПК	
	1. Физико-химические свойства горючих веществ и материалов	ОК 1-9; ПК 1.1-1.7 ПК 2.1-2.6, ПК 3.1-3.12	
	Тематика учебных занятий		4
	1. 2.1. Предельные и непредельные углеводороды (комбинированный урок)		2
	2. 2.2. Жидкие органические соединения и твёрдые горючие вещества (практическое занятие)		2
Тема 3. Материальный и тепловой баланс процесса горения	Содержание учебного материала	ОК, ПК	
	1. Материальный и тепловой баланс процесса горения	ОК 1-9; ПК 1.1-1.7 ПК 2.1-2.6, ПК 3.1-3.12	
	Тематика учебных занятий		8
	1. 3.1. Порядок составления уравнения реакции горения и коэффициент избытка воздуха (практическое занятие)		2
	2. 3.2. Расчёт объёма воздуха, необходимого для горения (практическое занятие)		2
	3. 3.3. Расчёт объёма и состава продуктов горения (практическое занятие)		2
	4. 3.4. Теплота сгорания и температура горения (комбинированный урок)		2
Тема 4. Самовоспламенение и самовозгорание	Содержание учебного материала	ОК, ПК	
	1. Условия для самовоспламенения и самовозгорания	ОК 1-9; ПК 1.1-1.7 ПК 2.1-2.6, ПК 3.1-3.12	
	Тематика учебных занятий		2
	1. 4.1. Самовоспламенение и самовозгорание (комбинированный урок)		2

Тема 5 Распространение горения горючих газов, жидкостей, пылевоздушных смесей и твёрдых веществ и материалов	Содержание учебного материала		ОК, ПК	
	Условия распространения горения горючих газов, жидкостей, пылевоздушных смесей и твёрдых веществ и материалов		ОК 1-9; ПК 1.1-1.7 ПК 2.1-2.6, ПК 3.1-3.12	
	Тематика учебных занятий			8
	5.1. Распространение пламени в газовых смесях и температура и давление при взрыве газозвудушных смесей (комбинированный урок)			2
	5.2. Концентрационные пределы распространения пламени (практическое занятие)			2
	5.3. Температурные пределы воспламенения. Температура вспышки и прогрев жидкости по глубине (комбинированный урок)			2
	5.4. Горение древесины и горение металлов (комбинированный урок)			2
Тема 6 Понятие взрыва и общая характеристика взрывчатых веществ	Содержание учебного материала		ОК, ПК	
	Понятие взрыва и общая характеристика взрывчатых веществ		ОК 1-9; ПК 1.1-1.7 ПК 2.1-2.6, ПК 3.1-3.12	
	Тематика учебных занятий			4
	6.1. Классификация химических взрывов по плотности вещества и по типам химических реакций (комбинированный урок)			2
	6.2. Параметры взрыва. Основные поражающие факторы и зоны действия взрыва (практическое занятие)			2
	Самостоятельная работа обучающихся			
	Составить реферат на тему: «Понятие взрыва и общая характеристика взрывчатых веществ»			2
Тема 7 Решение задач	Содержание учебного материала		ОК, ПК	
	Умение решать задачи на тему: Порядок составления уравнения реакции горения и коэффициент избытка воздуха		ОК 1-9; ПК 1.1-1.7 ПК 2.1-2.6. ПК 3.1-3.12	
	Тематика учебных занятий			2
	7.1. Решение задач (практическое занятие)			2
	Дифференцированный зачет за 7 семестр			2
	Итого за 7 семестр			34

3. УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ ОП.06 ТЕОРИЯ ГОРЕНИЯ И ВЗРЫВА

3.1. Требования к минимальному материально-техническому обеспечению реализации программы ОП.06 Теория горения и взрыва.

Реализация рабочей программы ОП.07 предполагает наличие учебных кабинетов: «Теория горения и взрыва»;

Оборудование учебного кабинета и рабочих мест кабинета «Теория горения»:

- рабочее место студента;
- комплект учебно-наглядных пособий;
- автоматизированное рабочее место

преподавателя. Технические средства обучения:

- компьютер и демонстрационный комплекс на базе мультимедийного проектора;
- CD, DVD с демонстрационными материалами;
- электронные образовательные ресурсы;
- аудиовизуальные (слайды, презентации).
- рабочее место студента;
- комплект учебно-наглядных пособий;
- автоматизированное рабочее место преподавателя.

Технические средства обучения:

3.2. Информационное обеспечение обучения

Перечень рекомендуемых учебных изданий, интернет-ресурсов, дополнительной литературы

Основная литература:

1. Адамян, В. Л. Теория горения и взрыва : учебное пособие для вузов / В. Л. Адамян. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 116 с.
2. Адамян, В. Л. Теория горения и взрыва : учебное пособие для СПО / В. Л. Адамян. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 288 с.
3. Адамян, В. Л. Теория горения и взрыва : учебное пособие для СПО / В. Л. Адамян. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 288 с.
4. Богман Д.П., Мочалова Т.А., Таратанов Н.А. Теория горения и взрыва (СПО) — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 224 с.
5. Керученко, Л. С. Теория горения и взрыва : учебное пособие / Л. С. Керученко, М. С. Чекусов. — Омск : Омский ГАУ, 2021. — 140 с.
6. Теория горения и взрыва: методические указания по подготовке к практическим и лабораторным занятиям : методические указания / составитель В. Д. Кострикин. — Ульяновск : УИ ГА, 2019. — 43 с.
7. Эквист, Б. В. Теория горения и взрыва : учебник / Б. В. Эквист. — Москва : МИСИС, 2021. — 180 с.

Дополнительная литература:

1. ГОСТ 12.1.011 - 78. Смеси взрывоопасные. Классификация и методы определения
2. Шароварников А.Ф., Евтеев А.М., Углов А.В., Воевода С.С., Кутейникова Т.А. Примеры и задачи по курсу общей и специальной химии. Методические указания и контрольные задания.- М.: Академия ГПС МВД России, 2001.113с.

Интернет - ресурсы:

1. <https://e.lanbook.com/book> (Договор № ОСП 2302-3 от 03 марта 2024 года).

Пакеты лицензионных программ: «Microsoft Office 2013», «Microsoft Office 2016», «Microsoft Windows 7 Professional», «Microsoft Windows 10 Professional», «Microsoft Windows 2008 Server», «Adobe Photoshop CC», «Autodesk AutoCAD 2017», «Microsoft Visual Studio Express 2017», «Microsoft Visual Studio Express 2015», «Adobe Acrobat Pro 12.0», «ABBYY Fine Reader 13»).

4. КОНТРОЛЬ И ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Результаты (освоенные профессиональные и общие компетенции)	Основные показатели оценки результата
В результате изучения программы учебной дисциплины студент освоил вид деятельности Организацию и выполнение работ в составе аварийно-спасательных подразделений в чрезвычайных ситуациях и соответствующих профессиональных компетенций:	
ПК 1.1. Организовывать несение службы и выезд по тревоге дежурного караула пожарной части	Демонстрирует умения: - организовывать несение службы и выезд по тревоге дежурного караула пожарной части
ПК 1.2. Проводить подготовку личного состава к действиям по тушению пожаров	Демонстрирует умения: - проводить подготовку личного состава к действиям по тушению пожаров
ПК 1.3. Организовывать действия по тушению пожаров	Демонстрирует умения: - организовывать действия по тушению пожаров
ПК 1.4. Организовывать проведение аварийно-спасательных работ	Демонстрирует умения: - организовывать проведение аварийно-спасательных работ
ПК 2.1. Осуществлять проверки противопожарного состояния промышленных, сельскохозяйственных объектов, зданий и сооружений различного назначения	Демонстрирует умения: - осуществлять проверки противопожарного состояния промышленных, сельскохозяйственных объектов, зданий и сооружений различного назначения
ПК 2.2. Разрабатывать мероприятия, обеспечивающие пожарную безопасность зданий, сооружений, технологических установок и производств	Демонстрирует умения: - разрабатывать мероприятия, обеспечивающие пожарную безопасность зданий, сооружений, технологических установок и производств
ПК 2.3. Проводить правоприменительную деятельность по пресечению нарушений требований пожарной безопасности при эксплуатации объектов, зданий и сооружений	Демонстрирует умения: - Проводить правоприменительную деятельность по пресечению нарушений требований пожарной безопасности при эксплуатации объектов, зданий и сооружений
ПК 2.4. Проводить противопожарную пропаганду и обучать граждан, персонал объектов правилам пожарной безопасности	Демонстрирует умения: - проводить противопожарную пропаганду и обучать граждан, персонал объектов правилам пожарной безопасности
ПК 3.1. Организовывать регламентное обслуживание пожарно-технического вооружения, аварийно-спасательного оборудования и техники	Демонстрирует умения: - организовывать регламентное обслуживание пожарно-технического вооружения, аварийно-спасательного оборудования и техники
ПК 3.2. Организовывать ремонт технических средств	Демонстрирует умения: - организовывать ремонт технических средств
ПК 3.3. Организовывать консервацию и хранение	Демонстрирует умения: - организовывать консервацию и хранение технических и автотранспортных средств

технических и автотранспортных средств	
В результате освоения программы учебной дисциплины студент развил общие компетенции:	
ОК 1 Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес	Понимает сущность и социальную значимость своей будущей профессии Проявляет устойчивый интерес к своей будущей профессии
ОК 2 Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы решения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество	Демонстрирует умения: - организовывать собственную деятельность; - выбирать типовые методы решения профессиональных задач; - оценивать их эффективность и качество
ОК 3 Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность	Демонстрирует умения: - принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность
ОК 4 Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития	Демонстрирует умения: - осуществлять поиск и использовать информацию, необходимую для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития
ОК 5 Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности	Демонстрирует умения: - использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности
ОК 6 Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, пострадавшими и находящимися в зонах чрезвычайных ситуаций	Демонстрирует умения: - работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, пострадавшими и находящимися в зонах чрезвычайных ситуаций
ОК 7 Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), результат выполнения заданий	Демонстрирует умения: - брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), результат выполнения заданий
ОК 8 Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации	Демонстрирует умения: - самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации
ОК 9 Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности	Демонстрирует умения: - ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности
В результате изучения программы учебной дисциплины обучающийся должен: уметь: – читать рабочие, сборочные и строительные чертежи и схемы по профилю специальности;	В результате изучения программы учебной дисциплины обучающийся студент демонстрирует умения: – читать рабочие, сборочные и строительные чертежи и схемы по профилю специальности; – выполнять эскизы, технические рисунки и чертежи деталей, их элементов, узлов;

–выполнять эскизы, технические рисунки и чертежи деталей, их элементов, узлов; –выполнять графические изображения схем проведения аварийно-спасательных работ;	– выполнять графические изображения схем проведения аварийно-спасательных работ
знать: –виды нормативно-технической и производственной документации; –правила чтения конструкторской и технологической документации; –способы графического представления объектов, пространственных образов и схем; –требования государственных стандартов Единой системы конструкторской документации, Единой системы проектной документации для строительства и Единой системы технологической документации; –правила выполнения чертежей, технических рисунков, эскизов и схем; –технику и принципы нанесения размеров; –типы и назначение спецификаций, правила их чтения и составления	Демонстрирует знания: – видов нормативно-технической и производственной документации; – правил чтения конструкторской и технологической документации; – способов графического представления объектов, пространственных образов и схем; – требований государственных стандартов Единой системы конструкторской документации, Единой системы проектной документации для строительства и Единой системы технологической документации; – правил выполнения чертежей, технических рисунков, эскизов и схем; – техники и принципов нанесения размеров; – типов и назначения спецификаций, правил их чтения и составления

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Тестовые задания

Вариант I

Выберите букву, соответствующую правильному варианту ответа:

1. Выберите ряд, где перечислены только продукты полного сгорания:

- а) CO_2 , H_2O , HCl
- б) CO , Cl_2 , H_2O
- в) H_2S , NH_3 , HCl
- г) HCN , HCOH , CO_2

2. Для возникновения горения необходимы условия:

- а) твердое вещество, тепло, искра
- б) горючее вещество, кислород, азот
- в) горючее вещество, кислород, источник зажигания
- г) источник зажигания, азот, горючее вещество

3. Выберите правильно составленное уравнение реакции горения пропанола в воздухе:

- а) $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH} + 5\text{O}_2 = 3\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O} + 3,76\text{N}_2$
- б) $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH} + 4,5\text{O}_2 + 4,5 \cdot 3,76\text{N}_2 = 3\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O} + 4,5 \cdot 3,76\text{N}_2$
- в) $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH} + 4,5\text{O}_2 + 3,76\text{N}_2 = 3\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O} + 4,5 \cdot 3,76\text{N}_2$
- г) $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH} + 4,5\text{O}_2 = 3\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$

4. Температура горения – это:

- а) максимальная температура пламени;
- б) температура зон химических реакций горения;
- в) самая высокая температура, при которой происходит конденсация насыщенного пара;
- г) максимальная температура, до которой в процессе горения нагреваются продукты сгорания

5. Выберите ряд, где перечислены виды самовозгорания веществ:

- а) тепловое, микробиологическое, электромеханическое;
- б) химическое, микробиологическое, тепловое;
- в) тепловое, теплорадиационное, химическое;
- г) физическое, биологическое, термохимическое

6. Сгорание веществ может происходить за счет кислорода, находящегося в составе:

- а) HNO_3 (азотной кислоты)
- б) KClO_3 (бертолетовой соли)
- в) KNO_3 (селитра)
- г) все ответы верные

7. Адсорбция пылью негорючих газов приводит к:

- а) снижению склонности пыли ко взрыву;
- б) снижению температуры самовоспламенения;
- в) повышению склонности пыли к самовозгоранию;
- г) увеличению пожарной опасности

8. Температура вспышки повышается с :

- а) увеличением молекулярной массы;
- б) температуры кипения;
- в) плотности;
- г) все ответы верные

9. Какое горение является преобладающим на пожаре?

- а) кинетическое;
- б) детонационное;
- в) диффузионное;
- г) гетерогенное

10. К ЛВЖ относятся:

- а) анилин (температура вспышки $+79^{\circ}$)
- б) дихлорэтан (температура вспышки $+9^{\circ}$)
- в) нитробензол (температура вспышки $+90^{\circ}$)
- г) этиленгликов (температура вспышки $+120^{\circ}$)

11. Как зависит время тушения от расхода огнетушащего вещества?

- а) с увеличением расхода ОВ время тушения увеличивается;
- б) с увеличением расхода ОВ время тушения уменьшается;
- в) с увеличением расхода ОВ время тушения сначала уменьшается, а потом увеличивается;
- г) никак не зависит

12. К какой категории огнетушащих веществ относится вода по механизму прекращения горения?

- а) изолирующие;
- б) разбавляющие;
- в) тормозящие скорость химической реакции горения;
- г) охлаждающие

13. Что понимается под интенсивностью подачи ОВ?

- а) количество ОВ, поданное за единицу времени;
- б) количество ОВ, поданное на единицу площади;
- в) количество ОВ, поданное на единицу площади пожара за единицу времени

14. Отрицательные катализаторы – ингибиторы применяют:

- а) как средства пожаротушения;
- б) для предотвращения самовозгорания веществ;
- в) для предотвращения детонации топлива в двигателях внутреннего сгорания;
- г) все ответы верные

15. При какой концентрации горючего вещества нормальная скорость распространения пламени будет иметь максимальное значение?

- а) при стехиометрической концентрации;
- б) при концентрации, смещенной в сторону богатых смесей;
- в) при концентрации, смещенной в сторону бедных смесей;
- г) при НКПП и ВКПП

16. НКПП характеризуется:

- а) избытком воздуха;
- б) избытком горючего;
- в) малым количеством горючего;
- г) малым количеством воздуха

17. Выбросов не происходит при горении:

- а) нефти;
- б) дизельного топлива;
- в) керосина;
- г) влажного мазута

18. Причинами самовозгорания торфа являются процессы:

- а) биологические;
- б) химические;
- в) физические;
- г) радиационные

19. Метиловый спирт самовозгорается при контакте с:

- а) хромовым ангидридом;
- б) перекисью натрия;
- в) азотом;
- г) водородом

20. Распределите жиры в порядке увеличения способности их к самовозгоранию:

- а) бараний (йодное число 31-46)
- б) тюлений (йодное число 122-162)
- в) моржовый (йодное число 168)
- г) свиной (йодное число 42-66)

Вариант II

Выберите букву, соответствующую правильному варианту ответа:

1. Выберите ряд, где перечислены только продукты неполного сгорания:

- а) N_2 , H_2O , CO_2 б) C , CO , HCN в) N_2 , C , CO_2
- г) H_2O , HCl , CO_2

2. В качестве окислителя не используется:

- а) кислород;
- б) азотная кислота; в) бертолетова соль; г) азот

3. Выберите молекулярный состав воздуха:

- а) 79% N_2 , 21% O_2 ; б) O_2 + 3,76 N_2 ;
- в) O_2 + 4,76 N_2 ; г) H_2 + 3,76 N_2

4. Теплота сгорания – это:

- а) количества тепла, выделяемое при полном сгорании вещества и отнесенное к одному молю, единицы массы или объема горючего вещества;
- б) теплота, расходуемая на подготовку горючих веществ к горению;
- в) теплота, идущая на нагревание продуктов сгорания;
- г) теплота, идущая на нагревание конструкций

5. Выберите правильно составленное уравнение горения сероуглерода в кислороде:

- а) $CS_2 + O_2 + 3,76N_2 = CO_2 + SO_2 + 3,76N_2$;
- б) $CS_2 + 2O_2 = CO_2 + SO_2$;
- в) $CS_2 + 3O_2 = CO_2 + 2SO_2$;
- г) $CS_2 + O_2 + N_2 = SO + CO_2 + N_2$

6. Самовозгорание растительных материалов может возникнуть:

- а) вследствие реакции окисления, вызванной притоком кислорода;
- б) вследствие микробиологического процесса;
- в) вследствие проявления тепловой энергии, вызванной окислением горючего вещества;
- г) вследствие интенсификации процесса окисления

7. С увеличением степени дисперсности пыли повышается её:

- а) химическая активность;
- б) адсорбционная способность;
- в) склонность к электризации;
- г) все ответы верные

8. Температура вспышки – это:

а) самая низкая температура вещества, при которой над поверхностью его образуются пары и газы, способные вспыхивать в воздухе от источника зажигания, но устойчивого горения не наблюдается;

б) температура, при которой раз подожженная смесь продолжает гореть после удаления источника воспламенения;

в) температура до которой нагреваются продукты сгорания;

г) самая низкая температура вещества, при которой возникает его самонагревание

9. Причиной образования продуктов неполного сгорания является:

а) избыток воздуха ($\alpha > 1$);

б) стехиометрическое соотношение горючего и окислителя ($\alpha = 1$);

в) недостаток воздуха ($\alpha < 1$);

10. К ГЖ относятся:

а) бензол (температура вспышки -14°)

б) глицерин (температура вспышки $+200^\circ$)

в) ацетальдегид (температура вспышки -33°)

г) стирол (температура вспышки $+30^\circ$)

11. Как зависит время тушения от интенсивности подачи огнетушащего вещества?

а) чем выше интенсивность подачи, тем больше время тушения;

б) чем ниже интенсивность подачи, тем больше время тушения;

в) с увеличением интенсивности подачи время тушения сначала уменьшается, а потом возрастает;

г) никак не зависит

12. К какой категории огнетушащих веществ относятся негорючие газы по механизму прекращения горения?

а) изолирующие;

б) охлаждающие;

в) разбавляющие;

г) тормозящие скорость химической реакции горения

13. Все огнетушащие вещества классифицируются по:

а) агрегатному состоянию, механизму прекращения горения;

б) агрегатному состоянию, внешнему виду;

в) консистенции, механизму огнетушащего действия;

г) правильного ответа нет

14. В каких случаях нельзя применять воду для тушения?

а) при тушении установок и устройств, находящихся под электрическим напряжением;

б) при тушении пожаров, температура которых составляет 1700°C и более;

в) при тушении химических веществ и соединений, которые вступают с водой в химическую реакцию, в результате чего происходит интенсификация процесса горения;

г) во всех перечисленных случаях

15. В каком случае правильно перечислены нормальные условия окружающей среды?

16. а) $T_0 = 273^\circ\text{K}$, $P_0 = 1 \text{ атм}$;

б) $T_0 = 273^\circ\text{K}$, $P_0 = 760 \text{ мм. рт. ст.}$;

в) $T_0 = 0^\circ\text{C}$, $P_0 = 101, 325 \text{ кПа}$;

г) во всех случаях правильно

Выберите все буквы, соответствующие правильным вариантам ответа

17. Введение в смесь горючего газа с воздухом негорючих паров и газов приводит к:

а) значительному уменьшению ВКПРП;

б) значительному расширению области воспламенения;

в) незначительному изменению НКПРП;

г) область воспламенения не изменяется

18. Баллоны с хлором нельзя совместно хранить с баллонами, накопленными:

- а) водородом;
- б) азотом;
- в) этиленом;
- г) ацетиленом

19. Вскипания и выброса не происходит при горении:

- а) бензина;
- б) керосина;
- в) сырой нефти;
- г) влажного мазута

20. Для предотвращения возгорания углей при хранении нормами установлено:

- а) присутствие влаги;
- б) уплотнение угля в штабелях;
- в) ограничение высоты штабелей угля;
- г) создание потоков воздуха внутри штабеля

21. Глицерин самовозгорается при контакте с :

- а) перманганатом калия;
- б) хлорной известью;
- в) кислородом; г) водородом

Установите соответствие

22. К какому самовозгоранию склонны вещества

- 1. каменный уголь
- а) химическое
- 2. смеси селитр и серной кислоты
- б) тепловое
- 3. торф
- в) микробиологическое

Вариант 1																							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20				
a	e	$\bar{b}$	z	$\bar{b}$	z	a	z	e	$\bar{b}$	$\bar{b}$	z	e	z	a	$a; e$	$\bar{b}; e$	$\bar{b}; e$	$a; \bar{b}$	$a; \bar{b}$				
Вариант 2																							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22		
$\bar{b}$	z	$\bar{b}$	a	e	$\bar{b}$	z	a	e	$\bar{b}$	$\bar{b}$	e	a	z	z	$a; e$	$e; z$	$a; \bar{b}$	$\bar{b}; e$	$a; \bar{b}$	$1\bar{b}; 2a; 3e$	$1e; 2\bar{b}; 3a$		

Практические работы

ЗАДАНИЕ №1

1. Повторить теоретическую часть «Составление уравнений горения и расстановка стехиометрических коэффициентов»
2. Самостоятельно составить уравнения реакций горения и расставить в них коэффициенты

СОСТАВЛЕНИЕ УРАВНЕНИЙ РЕАКЦИЙ ГОРЕНИЯ ВЕЩЕСТВ В ВОЗДУХЕ

Горением называется сложный физико-химический процесс, представляющий собой окислительно-восстановительную реакцию между горючим веществом и окислителем, сопровождающийся выделением тепла и излучением света.

Для горения необходимо наличие трёх составляющих: горючего вещества; окислителя (кислород воздуха, озон, перекись водорода, галогены, перманганаткалия, хромовый ангидрид и т. д.) и благоприятствующего фактора (источник зажигания; физико-химический или биологический процесс, протекающий с выделением тепла, нагретая поверхность).

С точки зрения электронной теории, горение – это перераспределение валентных электронов между горючим веществом и окислителем.

Горючим веществом называется вещество, атомы (молекулы) которого способны отдавать в процессе реакции свои валентные электроны.

Горючее вещество в процессе реакции окисляется, образуя продукты окисления. Окислителем называется вещество, атомы (молекулы) которого способны присоединять валентные электроны в процессе реакции.

Окислитель в ходе реакции восстанавливается. Процесс горения как одна из форм химического взаимодействия атомов и молекул может по-настоящему понятен только на основе изучения молекулярно-кинетической теории строения материи. Необходимо представлять, что в химических процессах прежде чем образуются новые молекулы, разрушаются старые. Энергия, необходимая для разрыва связей в молекулах горючего и окислителя, называется *энергией активации*.

Разрушение или ослабление химических связей в молекулах происходит под действием теплового движения атомов. Чем выше температура, тем выше доля активных молекул, тем эффективнее соударения и больше их число.

Для реакции горения, как и для многих других химических реакций, справедливо положение: повышение температуры на 10°C приводит к увеличению её скорости в 2–4 раза (*правило Вант-Гоффа*). Кроме того, скорость реакции согласно *закону действующих масс* увеличивается с возрастанием концентрации реагентов.

Скорость горения максимальна при стехиометрическом составе смеси – когда отношение реагентов соответствует коэффициентам в уравнении реакции.

В условиях пожара горение чаще всего протекает в среде воздуха. При составлении уравнения материального баланса процессов горения принято учитывать не только кислород, принимающий участие в реакции окисления, но и азот, входящий в состав воздуха.

Воздух состоит из азота, кислорода, водорода, углекислого и инертных газов. При ведении теоретических расчётов водород, углекислый газ и инертные газы (их вместе взятых в воздухе около 1 %) причисляют к азоту, которого в воздухе 78 %. Поэтому можно принять, что воздух состоит из 21 % кислорода и 79 % азота.

Не трудно установить, что на 1 объём кислорода в воздухе приходится 3,76 объёма азота ($79 : 21 = 3,76$) или на 1 моль кислорода приходится 3,76 моля азота и, таким образом, состав воздуха

в уравнениях реакций горения – ($O_2 + 3,76 N_2$). В реакции горения принимает участие только кислород. Азот в реакцию не вступает и выделяется из зоны горения вместе с продуктами горения. В левой части уравнения реакции горения записывают горючее вещество и воздух, в правой части – продукты горения.

При уравнивании левой и правой частей уравнения реакции горения коэффициент перед горючим веществом для упрощения расчётов параметров процесса горения, как правило, не ставят, т.е. принимают равным единице, в связи с чем коэффициент перед воздухом может получаться дробным.

Для решения задач по определению основных параметров, характеризующих процесс горения, необходимо уметь составлять уравнения реакций горения горючих веществ в воздухе. Обобщённая запись брутто-уравнения материального баланса реакции горения имеет вид:

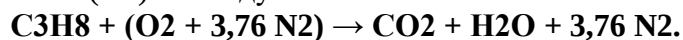


где $n_{г.в.}$, n_o , $n_{пг}$ – стехиометрические коэффициенты при соответствующих веществах: $[г.в.]$ – горючее вещество, $[o]$ – окислитель, $[пг]$ – продукты горения.

Данное уравнение является обобщённым выражением материального баланса любой химической реакции окисления. Оно не несёт информации о промежуточных стадиях процесса, которых может быть великое множество, а выражает только начальное и конечное состояние системы. Поэтому его называют также суммарным или брутто-уравнением реакции горения. Для решения многих инженерно-технических задач этого уравнения бывает достаточно.

Рассмотрим примеры составления уравнений реакций горения горючих веществ в воздухе.

ПРИМЕР: Составить уравнение реакции горения пропана (C_3H_8) в воздухе. При горении углеводородов в воздухе продуктами горения будут углекислый газ (CO_2), пары воды (H_2O) и азот (N_2) из воздуха:



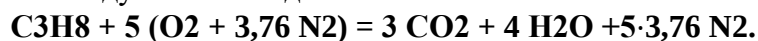
Уравняем эту реакцию, в результате чего число атомов каждого элемента в правой части уравнения будет равно числу атомов этих элементов в левой части.

Углерода в молекуле пропана 3 атома, следовательно, в продуктах горения образуется 3 молекулы углекислого газа. Атомов водорода в молекуле пропана 8, следовательно, в продуктах горения образуется 4 молекулы воды, так как в молекуле H_2O два атома водорода ($8 : 2 = 4$). В последнюю очередь уравнивается число атомов кислорода.

Подсчитываем число атомов кислорода в правой части уравнения: число атомов кислорода в 3 молекулах CO_2 равно 6 ($3 \cdot 2 = 6$); число атомов кислорода в 4 молекулах воды равно 4 ($4 \cdot 1 = 4$).

Всего в правой части получается 10 атомов кислорода ($6 + 4 = 10$), следовательно, в левой части перед скобкой мы должны поставить коэффициент равный 5 ($10 : 2 = 5$), т. к. в молекуле кислорода 2 атома.

Коэффициент перед азотом в продуктах горения будет равен коэффициенту перед скобкой воздуха, умноженному на 3,76. Окончательная запись уравнения реакции горения пропана в воздухе имеет вид:



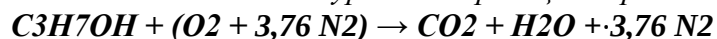
Коэффициент, стоящий перед скобкой воздуха, называется стехиометрическим коэффициентом реакции горения и обозначается β .

В нашем случае $\beta = 5$.

При горении кислородосодержащих соединений в воздухе уравнивание реакции происходит аналогично. Однако при уравнивании атомов кислорода нужно учесть количество атомов кислорода, содержащихся в горючем веществе, которые тоже участвуют в реакции. Для этого из количества атомов кислорода в правой части уравнения

реакции нужно вычесть количество атомов кислорода, содержащихся в горючем веществе, а потом уже делить на 2.

ПРИМЕР: Составить уравнение реакции горения пропилового спирта в воздухе.



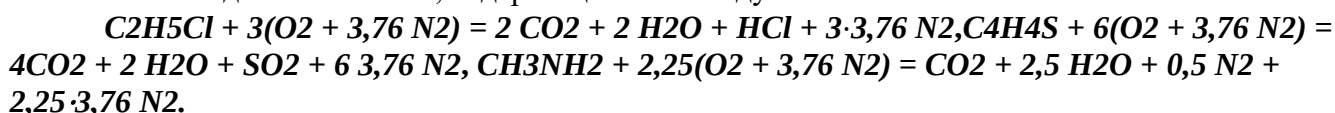
Углерода в молекуле пропилового спирта 3 атома, следовательно, в продуктах горения образуется 3 молекулы углекислого газа. Атомов водорода в молекуле 8, следовательно, в продуктах горения образуется 4 молекулы воды, так как в молекуле H_2O два атома водорода ($8 : 2 = 4$). В последнюю очередь уравнивается число атомов кислорода. Подсчитываем число атомов кислорода в правой части уравнения: число атомов кислорода в 3 молекулах CO_2 равно 6 ($3 \cdot 2 = 6$); число атомов кислорода в 4 молекулах воды равно 4 ($4 \cdot 1 = 4$). Всего в правой части получается 10 атомов кислорода ($6 + 4 = 10$), следовательно, в левой части перед скобкой мы должны поставить коэффициент равный 4,5 ($10 - 1 = 9$; $9 : 2 = 4,5$). Коэффициент перед азотом в продуктах горения будет равен коэффициенту перед скобкой воздуха, умноженному на 3, 76.

Окончательная запись уравнения реакции горения пропилового спирта в воздухе имеет вид: $C_3H_7OH + 4,5 (O_2 + 3,76 N_2) \rightarrow 3 CO_2 + 4 H_2O + 4,5 \cdot 3,76 N_2$.

Если в состав горючего вещества входит галоген и горючее вещество не содержит водород, то в продуктах горения он будет выделяться в свободном виде (Cl_2 , Br_2 и т. д.). Если же горючее вещество содержит водород, то в продуктах горения он будет выделяться в соединении с водородом, например хлороводород (HCl).

Если в состав горючего вещества входят сера, алюминий, кремний и др., то в продуктах горения будут выделяться оксиды этих элементов (SO_2 , Al_2O_3 , SiO_2).

При горении веществ, содержащих азот, он выделяется в виде чистого газа азота (N_2) и записывается отдельно от азота, содержащегося в воздухе.



ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

1. Составить уравнения реакций горения горючих веществ в воздухе и рассчитать стехиометрические коэффициенты.

- 1.1. амилбензол, аллиламин;
- 1.2. амилдифенил, аллилизотиоцианат;
- 1.3. амилен, акриловая кислота;
- 1.4. амилнафталин, аллилацетат;
- 1.5. амилтолуол, амиламин;
- 1.6. антрацен, амилнитрат;
- 1.7. аллиловый спирт, амилнитрит;
- 1.8. ацетилен, амилацетат, амилсульфид;
- 1.9. бензол, амилбутират;
- 1.10. бутилбензол, амилхлорнафталин;
- 1.11. бутилциклогексан, амиллаурат;
- 1.12. бутилциклопентан, амилметилкетон;
- 1.13. гексадекан, аминокaproновая кислота;
- 1.14. гексан, аминопеларгоновая кислота;
- 1.15. гексилциклопентан, амилстеарат;
- 1.16. гептадекан, амилфенилметилловый эфир;
- 1.17. гептан, амилфениловый эфир;
- 1.18. декан, амилформиат, анилин;
- 1.19. диамибензол, анизол;
- 1.20. диамилнафталин, ацеталь;
- 1.21. дивинилацетилен, ацетальдегид, ;
- 1.22. дигидроциклопентадиен, ацетилацетон;
- 1.23. диизобутилен, ацетисалициловая кислота;
- 1.24. диизопропилбензол, ацетоацетанилид;
- 1.25. диметиленциклобутан, ацетонитрил;
- 1.26. дитоллиметан, ацетон;

- 1.27. дифенил, ацетоэтиламин;
- 1.28. дифенилметан, бензамид;
- 1.29. диэтилциклогексан, ацетоуксусный эфир, бензилдиэтиламин;
- 1.30. ацетофенон, бензилтиол;
- 1.31. изобутилбензол, бензальдегид, бензилхлорид;
- 1.32. изобутилциклогексан, бензилцианид;
- 1.33. изооктан, бензгидрол, бензимидазол;
- 1.34. изопентан, бензилацетат, бензоат натрия;
- 1.35. изопрен, бензилбензоат, бензоилхлорид;
- 1.36. изопропенилбензол, бензилсалицилат, бензоксазолон;
- 1.37. изопропилацетилен, бензолсульфазид;
- 1.38. метилциклогексан, бензилэтиловый эфир, бензолсульфамид;
- 1.39. метилциклопентан, бензолсульфокислота;
- 1.40. октилтолуол, метоксибутилацетат, бензонитрил

Условия выполнения задания

1. Место (время) выполнения задания: задание выполняется во внеаудиторное время
2. Максимальное время выполнения задания: 60 мин.
3. Вы можете воспользоваться учебником, алгоритмом решения задачи, глобальной сетью

Шкала оценки образовательных достижений:

Критерии:

- умение составить уравнение реакции ;
- умение расставить коэффициенты в уравнении;
- умение следовать алгоритму действий;
- умение правильно производить математические расчёты;

Критерии оценки:

- оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если выполнены все вышеперечисленные требования к составлению уравнения
- оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если допущены незначительные погрешности во оформлении и при математических расчётах.
- оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если допущены незначительные погрешности в расстановке коэффициентов
- оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если уравнение не составлено

ЗАДАНИЕ №2

Пламя, его строение, цвет, свечение. Продукты горения, дым.

Цель работы: изучить строение пламени, научиться определять характер свечения пламени без проведения лабораторного опыта

Теоретическая часть

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРА СВЕЧЕНИЯ ПЛАМЕНИ

Характер свечения пламени веществ при их горении зависит от процентного содержания углерода и кислорода в горючем веществе. При горении веществ в зоне горения происходит процесс термического разложения их. Наличие углерода в зоне горения будет придавать пламени яркость.

О характере свечения пламени приблизительно можно судить по процентному содержанию углерода и кислорода в горючем веществе (табл.).

Таблица

Характер свечения пламени	Содержание кислорода в горючем веществе, %	Содержание углерода в горючем веществе, %
Пламя бесцветное	более 30	не более 50
Пламя яркое, не коптящее	отсутствует или менее 30	от 50 до 75
Пламя яркое, коптящее	отсутствует или менее 25	более 75

Практическая часть

Процентное содержание углерода (кислорода) рассчитывается по формуле: $\omega = \frac{n \cdot Ar_{C(O)}}{Mr_{ГВ}} \cdot 100\%$

$Mr_{ГВ}$ – молекулярная масса горючего вещества;

где $Ar_{C(O)}$ – атомный вес углерода (кислорода);

$n_{C(O)}$ – количество атомов углерода(кислорода) в формуле горючего вещества.

ПРИМЕР: Определить характер свечения пламени этилового спирта.

РЕШЕНИЕ:

1. Рассчитываем содержание углерода в этиловом спирте (C_2H_5OH).

$$12 \cdot 2 / 46 \cdot 100\% = 52,17\%$$

1. Рассчитываем содержание кислорода в этиловом спирте (C_2H_5OH).

$$16 \cdot 1 / 46 \cdot 100\% = 34,79\% \text{ следовательно пламя бесцветное.}$$

ОТВЕТ: поскольку содержание кислорода в этиловом спирте превышает 30 %, пламя будет бесцветным.

Задачи для самостоятельного решения:

1. Определить характер свечения пламени этилбензола.
2. Определить характер свечения пламени уксусной кислоты.
3. Определить характер свечения пламени гексана.
4. Определить характер свечения пламени амилового спирта.
5. Определить характер свечения пламени бутана.
6. Определить характер свечения пламени бензола.

Условия выполнения задания

1. Место (время) выполнения задания: задание выполняется на занятии в аудиторное время
2. Максимальное время выполнения задания: 90 мин.
3. Вы можете воспользоваться таблицей, конспектом лекций, теоретической частью, примерами решения задач

Шкала оценки образовательных достижений:**Критерии оценки:**

Выполнение практически всей работы (не менее 70%) – положительная оценка

Тема 1.2. Материальный и тепловой баланс процессов горения.

ЗАДАНИЕ №3

Используя алгоритм решения задач рассчитать объём окислительной среды (м^3) необходимый для горения i-го горючего вещества(см. табл.)

№ варианта	Горючее вещество	Хим.формула	Кол-во горючего	Окислитель	Условия горения
1.	Метиловый спирт	CH_4O	2 кг	воздух	$T = 300\text{K}$ $P = 1013 \text{ ГПа}$ $\alpha = 3$
2.	Анилин	$\text{C}_6\text{H}_7\text{N}$	1кг	воздух	$T = 290\text{K}$ $P = 900 \text{ ГПа}$ $\alpha = 2,5$
3.	Сложное вещество	$\text{C}=40\%$ $\text{O}=25\%$ $\text{H}=25\%$ $\text{S}=10\%$	1кг	воздух	$T = 300\text{K}$ $P = 950 \text{ ГПа}$ $\alpha = 1,5$
4.	Сложное вещество	$\text{C}=65\%$ $\text{O}=20\%$ $\text{H}=5\%$ $\text{S}=10\%$	2кг	Воздух	$T = 280\text{K}$ $P = 1013 \text{ ГПа}$ $\alpha = 2$
5.	Нитробензол	$\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$	30кг	Воздух	$T = 280\text{K}$ $P = 980 \text{ ГПа}$ $\alpha = 1,4$
6.	Сера	S	2кг	Воздух	$T = 300\text{K}$ $P = 950 \text{ ГПа}$ $\alpha = 1,5$
7.	Сложное вещество	$\text{C}=60\%$ $\text{O}=20\%$ $\text{H}=10\%$ $\text{S}=10\%$	3кг	Воздух	$T = 310\text{K}$ $P = 1000 \text{ ГПа}$ $\alpha = 2,8$
8.	Алюминий порошковый	Al	15кг	Воздух	$T = 305\text{K}$ $P = 1025 \text{ ГПа}$ $\alpha = 3,5$
9.	Сложное вещество	$\text{C}=65\%$ $\text{O}=20\%$ $\text{H}=15\%$	5 кг	Воздух	$T = 282\text{K}$ $P = 1016 \text{ ГПа}$ $\alpha = 2,4$
0.	Сложное вещество	$\text{C}=55\%$ $\text{O}=25\%$ $\text{H}=10\%$ $\text{S}=10\%$	10кг	Воздух	$T = 300\text{K}$ $P = 1013 \text{ ГПа}$ $\alpha = 3$

Условия выполнения задания

1. Место (время) выполнения задания: задание выполняется во внеаудиторное время
2. Максимальное время выполнения задания: 120 мин.
3. Вы можете воспользоваться учебником, алгоритмом решения задач, глобальной сетью

Шкала оценки образовательных достижений:**Критерии:**

- умение составить уравнение реакции ;
- умение расставить коэффициенты в уравнении;
- умение следовать алгоритму действий;
- умение выбрать формулы для решения задачи;
- умение правильно производить математические расчёты;
- правильность оформления работы.

Критерии оценки:

- оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если выполнены все вышеперечисленные требования к решению расчётной задачи
- оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если допущены незначительные погрешности во оформлении и при математических расчётах.
- оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если допущены незначительные погрешности в алгоритме действий при решении задачи.
- оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если задача не решена.

ЗАДАНИЕ №4

Рассчитать объём окислительной среды (m^3) необходимый для горения i -ной горючей смеси (см.табл.)

№ варианта	Горючее вещество	Хим.формула	Кол-во горючего	Окислитель	Условия горения
1.	Смесь газов	CO=45% N ₂ =15% C ₄ H ₈ =10% O ₂ =30%	1м ³	воздух	Нормальные условия $\alpha = 3$
2.	Смесь газов	H ₂ =50% CH ₄ =30% O ₂ =20%	10м ³	воздух	T= 290К P=900 ГПа $\alpha = 2,5$
3.	Смесь газов	CO=35% N ₂ =15% C ₄ H ₈ =20% O ₂ =30%	15м ³	воздух	T= 300К P=950 ГПа $\alpha = 1,5$
4.	Смесь газов	CH ₄ =65% O ₂ =20% H ₂ =5% H ₂ S=10%	100м ³	Воздух	T= 280К P=1010 ГПа $\alpha = 2,3$
5.	Смесь газов	C ₃ H ₄ =55% O ₂ =25% H ₂ =15% H ₂ S=5%	1м ³	Воздух	T= 280К P=1100 ГПа $\alpha = 1,4$
6.	Смесь газов	C ₃ H ₆ =60% NH ₃ =25% CH ₄ =15%	12м ³	Воздух	T= 305К P=950ГПа $\alpha = 1,5$
7.	Смесь газов	C ₂ H ₂ =60% O ₂ =20% H ₂ =10% SO ₂ =10%	10м ³	Воздух	T= 310К P=1000 ГПа $\alpha = 2,8$
8.	Смесь газов	C ₃ H ₈ =55% CO=30% H ₂ =5% O ₂ =10%	15м ³	Воздух	T= 305К P=1025 ГПа $\alpha = 3,5$

9.	Смесь газов	CO ₂ =30% O ₂ =20% NH ₃ =25% C ₄ H ₁₀ =25%	220м ³	Воздух	Нормальные условия $\alpha = 2,4$
0.	Смесь газов	C ₂ H ₄ =60% NH ₃ =40%	110м ³	Воздух	T= 300К P=1013 ГПа $\alpha = 3$

Условия выполнения задания

1. Место (время) выполнения задания: задание выполняется в аудиторное время
2. Максимальное время выполнения задания: 45 мин.
3. Вы можете воспользоваться учебником, алгоритмом решения задач

Шкала оценки образовательных достижений:**Критерии:**

- умение составить уравнение реакции ;
- умение расставить коэффициенты в уравнении;
- умение следовать алгоритму действий;
- умение выбрать формулы для решения задачи;
- умение правильно производить математические расчёты;
- правильность оформления работы.

Критерии оценки:

- оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если выполнены все вышеперечисленные требования к решению расчётной задачи
- оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если допущены незначительные погрешности во оформлении и при математических расчётах.
- оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если допущены незначительные погрешности в алгоритме действий при решении задачи.
- оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если задача не решена.

ЗАДАНИЕ №5

Рассчитать объём образующихся продуктов(м³) горения при горении i-го горючего вещества(см.табл.)

№ варианта	Горючее вещество	Хим.формула	Кол-во горючего	Окислитель	Условия горения
1.	Диэтиловый эфир	(C ₂ H ₅) ₂ O	1 кг	воздух	T _r = 1500К P=1014 ГПа $\alpha = 3$
2.	Анилин	C ₆ H ₇ N	1кг	воздух	T _r = 1550К P=940 ГПа $\alpha = 2,5$
3.	Сложное вещество	C=40% O=25% H=25% S=10%	1кг	воздух	T _r = 1300К P=970 ГПа $\alpha = 1,5$
4.	Сложное вещество	C=65% O=20% H=5% S=10%	12кг	Воздух	T _r = 1350К P=990 ГПа $\alpha = 2$

5.	Нитробензол	$C_6H_5NO_2$	30кг	Воздух	$T_r=1800K$ $P=870 \text{ ГПа}$ $\alpha=1,4$
6.	Уксусная кислота	$C_2H_4O_2$	2кг	Воздух	$T_r=1200K$ $P=980 \text{ ГПа}$ $\alpha=2,5$
7.	Сложное вещество	$C=90\%$ $O=5\%$ $H=5\%$	3кг	Воздух	$T_r=1320K$ $P=1000 \text{ ГПа}$ $\alpha=2,8$
8.	Глицерин	$C_3H_8O_3$	15кг	Воздух	$T_r=1600K$ $P=1025 \text{ ГПа}$ $\alpha=2,1$
9.	Сложное вещество	$C=80\%$ $O=8\%$ $H=12\%$	15 кг	Воздух	$T_r=1350K$ $P=990 \text{ ГПа}$ $\alpha=2,4$
0.	Сложное вещество	$C=75\%$ $O=14\%$ $H=6\%$ влага=10%	10кг	Воздух	$T_r=1300K$ $P=1013 \text{ ГПа}$ $\alpha=1,3$

Условия выполнения задания

1. Место (время) выполнения задания: задание выполняется во внеаудиторное время
2. Максимальное время выполнения задания: 120 мин.
3. Вы можете воспользоваться учебником, алгоритмом решения задач, глобальной сетью

Шкала оценки образовательных достижений:**Критерии:**

- умение составить уравнение реакции ;
- умение расставить коэффициенты в уравнении;
- умение следовать алгоритму действий;
- умение выбрать формулы для решения задачи;
- умение правильно производить математические расчёты;
- правильность оформления работы.

Критерии оценки:

- оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если выполнены все вышеперечисленные требования к решению расчётной задачи
- оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если допущены незначительные погрешности во оформлении и при математических расчётах.
- оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если допущены незначительные погрешности в алгоритме действий при решении задачи.
- оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если задача не решена.

ЗАДАНИЕ №6

Рассчитать объём продуктов горения (m^3) необходимый для горения i-ной горючей смеси (см. табл.)

№ варианта	Горючее вещество	Хим.формула	Кол-во горючего	Окислитель	Условия горения
1.	Смесь газов	$H_2=50\%$ $CH_4=30\%$ $O_2=20\%$	$10m^3$	воздух	$T_r=1550K$ $P=900 \text{ ГПа}$ $\alpha=2,5$

2.	Смесь газов	CO=45% N ₂ =15% C ₄ H ₈ =10% O ₂ =30%	1м ³	воздух	T _г =1480К P=1013 ГПа $\alpha = 3$
3.	Смесь газов	CH ₄ =65% O ₂ =20% H ₂ =5% H ₂ S=10%	100м ³	Воздух	T _г = 1280К P=1010 ГПа $\alpha = 2,3$
4.	Смесь газов	CO=35% N ₂ =15% C ₄ H ₈ =20% O ₂ =30%	15м ³	воздух	T _г = 1300К P=950 ГПа $\alpha = 1,5$
5.	Смесь газов	C ₃ H ₆ =60% NH ₃ =25% CH ₄ =15%	12м ³	Воздух	T _г = 1300К P=950ГПа $\alpha = 1,5$
6.	Смесь газов	C ₃ H ₄ =55% O ₂ =25% H ₂ =15% H ₂ S=5%	1м ³	Воздух	T _г = 1550К P=1100 ГПа $\alpha = 1,4$
7.	Смесь газов	C ₃ H ₈ =55% CO=30% H ₂ =5% O ₂ =10%	15м ³	Воздух	T _г = 1440К P=1025 ГПа $\alpha = 3,5$
8.	Смесь газов	C ₂ H ₂ =60% O ₂ =20% H ₂ =10% SO ₂ =10%	10м ³	Воздух	T _г =1500К P=1000 ГПа $\alpha = 2,8$
9.	Смесь газов	C ₂ H ₄ =60% NH ₃ =40%	110м ³	Воздух	T _г = 1600К P=1013 ГПа $\alpha = 3$
10.	Смесь газов	CO ₂ =30% O ₂ =20% NH ₃ =25% C ₄ H ₁₀ =25%	220м ³	Воздух	T _г = 1500К P=1013 ГПа $\alpha = 2,4$

Условия выполнения задания

1. Место (время) выполнения задания: задание выполняется в аудиторное время
2. Максимальное время выполнения задания: 45 мин.
3. Вы можете воспользоваться учебником, алгоритмом решения задач

Шкала оценки образовательных достижений:

Критерии:

- умение составить уравнение реакции ;
- умение расставить коэффициенты в уравнении;
- умение следовать алгоритму действий;
- умение выбрать формулы для решения задачи;
- умение правильно производить математические расчёты;
- правильность оформления работы.

Критерии оценки:

- оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если выполнены все вышеперечисленные требования к решению расчётной задачи
- оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если допущены незначительные погрешности во оформлении и при математических расчётах.
- оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если допущены незначительные погрешности в алгоритме действий при решении задачи.
- оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если задача не решена.

ЗАДАНИЕ №7

Рассчитать температуру горения i-го горючего вещества (см. табл.)

№ варианта	Горючее вещество	Хим.формула	Окислитель	Условия горения
1.	Смесь газов	$H_2=50\%$ $CH_4=30\%$ $C_3H_8=20\%$	воздух	$\alpha = 2,5$
2.	Вещество сложного состава	$C=85\%$ $S=6\%$ $H=5\%$ Влага= 9%	воздух	$\alpha = 3$
3.	Пропионовая кислота	$C_3H_6O_2$	Воздух	$\alpha = 2,3$
4.	Глицерин	$C_3H_8O_3$	воздух	$\alpha = 1,5$
5.	Уксуснобутиловый эфир	$C_6H_{12}O_2$	Воздух	$\alpha = 1,5$
6.	Этилбензол	C_8H_{10}	Воздух	$\alpha = 1,4$
7.	Вещество сложного состава	$C=82\%$ $O=5\%$ $H=8\%$ Влага= 5%	Воздух	$\alpha = 3,5$
8.	Смесь газов	$C_2H_2=60\%$ $H_2=40\%$	Воздух	$\alpha = 2,8$
9.	Нитроэтан	$C_2H_5NO_2$	Воздух	$\alpha = 3$
0.	Смесь газов	$CO=50\%$ $NH_3=25\%$ $C_4H_{10}=25\%$	Воздух	$\alpha = 2,4$

Условия выполнения задания

1. Место (время) выполнения задания: задание выполняется в аудиторное время
2. Максимальное время выполнения задания: 45 мин.
3. Вы можете воспользоваться учебником, алгоритмом решения задач

Шкала оценки образовательных достижений:**Критерии:**

- умение составить уравнение реакции ;
- умение расставить коэффициенты в уравнении;
- умение следовать алгоритму действий;
- умение выбрать формулы для решения задачи;
- умение правильно производить математические расчёты;
- правильность оформления работы.

Критерии оценки:

- оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если выполнены все вышеперечисленные требования к решению расчётной задачи
- оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если допущены незначительные погрешности во оформлении и при математических расчётах.
- оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если допущены незначительные погрешности в алгоритме действий при решении задачи.
- оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если задача не решена.

ЗАДАНИЕ №8*1 вариант***1. Серовато-жёлтый дым при горении характерен для:**

- А) бумаги, сена, соломы;
- Б) нефтепродуктов;
- В) тканей;
- Г) древесины.

1. Коэффициент избытка воздуха показывает:

- А) во сколько раз объём воздуха, поступивший на горение больше теоретического объёма воздуха, необходимого для полного сгорания единицы количества вещества в стехиометрической смеси;
- Б) во сколько раз объём воздуха, поступающий на горение больше практического объёма воздуха, необходимого для полного сгорания пожарной нагрузки.

1. К продуктам неполного сгорания относятся:

- А) CO_2 и H_2O
- Б) CO и C
- В) CO_2 и C
- Г) H_2O и CO

1. Объёмное соотношение O_2 и N_2 в воздухе равно:

- А) 1:3,29
- Б) 1:3,76
- В) 1:7,9

1. Взрыв – это:

- А) процесс резкого повышения давления внутри резервуара
- Б) процесс интенсивного выделения тепловой энергии горючей смеси при сгорании её в ограниченном объёме за короткий промежуток времени

1. Наибольшей линейной скоростью распространения пламени обладают:

- А) твёрдые горючие материалы
- Б) газообразные горючие смеси
- В) легковоспламеняющиеся жидкости

1. Теплота пожара характеризует:

- А) количество тепла, выделяющееся в зоне горения в единицу времени
- Б) количество тепла, выделяющееся в зоне горения в единицу времени с единицы площади пожара
- В) количество тепла, выделяющееся в зоне горения в единицу времени с общей площади пожара

1. К зонам пожара относятся:

- А) зона загорания, фронт пламени и зона парообразования
- Б) зона горения, зона тепловыделения и зона задымления
- В) зона горения, фронт пламени и зона задымления

1. Концентрация углекислого газа крайне опасна для жизни человека:

- А) 1,5 %
- Б) 3 - 4,5 %
- В) 2 %

1. Химический недожог – это:

- А) неполнота сгорания горючих веществ, образовавшихся при разложении горючих веществ
- Б) доля вещества, не участвующего по каким-либо причинам в процессе горения

*2 вариант***1. К продуктам полного сгорания относятся:**

- А) угарный газ и вода;
- Б) углекислый газ и вода;
- В) углекислый газ и водород.

2. Серовато-чёрный дым характерен при горении:

- А) древесины;
- Б) бумаги, сена, соломы;
- В) нефтепродуктов;
- Г) фосфора.

3. Стехиометрическим уравнением называется:

- А) уравнение с указанным тепловым эффектом
- Б) уравнение с учётом расставленных в нём коэффициентов
- В) уравнение с указанным продуктом реакции

4. Разность между практическим и теоретическим объёмами воздуха, называется:

- А) химическим недожогом
- Б) избытком воздуха
- В) неполным горением

5. Гомогенное горение – это:

- А) когда компоненты горючей смеси находятся: Горючие – в твёрдом состоянии, Окислитель – в газообразном
- Б) когда компоненты горючей смеси находятся: Горючие – в жидком состоянии, Окислитель – в газообразном
- В) когда компоненты горючей смеси находятся: Горючие – в газообразном состоянии, Окислитель – в газообразном

6. В пожарную нагрузку помещений входит:

- А) мебель, продукция, сырьё
- Б) мебель, продукция, сырьё, окна, двери
- В) все конструктивные элементы зданий, изготовленные из горючих или трудногорючих материалов

7. Минимальное количество воздуха, необходимое для полного сгорания единицы массы или объёма горючего вещества называется:

- А) практическим объёмом воздуха
- Б) теоретическим объёмом воздуха
- В) доступным объёмом воздуха

8. Дым как дисперсная система - это:

- А) дисперсная фаза – газ, дисперсная среда - газ
- Б) дисперсная фаза – твёрдое вещество, дисперсная среда – газ
- В) дисперсная фаза – жидкое вещество, дисперсная среда – газ

9. Трудногорючие вещества – это

- А) вещества, имеющие температуру воспламенения выше 650 градусов
- Б) вещества, загорающиеся при поднесении источника зажигания и продолжающие гореть после его удаления
- В) вещества, загорающиеся при поднесении источника зажигания и прекращающие гореть после его удаления

10. Продолжительность пожара – это:

- А) время с момента возникновения до приезда бригады пожарной охраны
- Б) время с момента возникновения до локализации пожара
- В) время с момента возникновения до полного прекращения горения

Условия выполнения задания

1. Место (время) выполнения задания: задание выполняется на занятии в аудиторное время
2. Максимальное время выполнения задания: 15 мин.

Шкала оценки образовательных достижений:**Критерии оценки:**

- «5» - 100 – 90% правильных ответов
- «4» - 89 - 80% правильных ответов
- «3» - 79 – 70% правильных ответов
- «2» - 69% и менее правильных ответов

Тема 2.1 Воспламенение и самовоспламенение.**ЗАДАНИЕ №9***Расчёт стандартной температуры воспламенения*

Цель работы: используя алгоритм решения задачи научиться находить стандартную температуру самовоспламенения по длине углеродной цепи

*Теоретическая часть***Температура самовоспламенения**

Температура самовоспламенения $T_{св}$, приведенная в справочниках, получена экспериментально по стандартной методике для горючей смеси стехиометрического состава. Установлено, что в пределах гомологического ряда величина $T_{св}$ является функцией длины углеродной цепи в молекуле. Чем длиннее цепь, тем ниже температура самовоспламенения. Метод расчета $T_{св}$ основан на эмпирической зависимости $T_{св}$ от средней длины углеродной цепи.

Метод пригоден для расчета $T_{св}$ алифатических углеводородов, алифатических спиртов и ароматических углеводородов. Задача состоит в том, чтобы по структурной формуле химического соединения найти для него среднюю длину углеродных цепей.

Углеродная цепь – это цепочка атомов углерода от одного конца молекулы до другого.

Длина цепи – это число атомов углерода в цепи

Определив среднюю длину цепи, далее по табл. VII–IX приложения находят $T_{св}$. Например, для *n*-гептана $T_{св} = 496$ К, а для изобутана $T_{св} = 743$ К (табл. VII приложения для предельных углеводородов).

В молекуле химического соединения со сложной структурой бывает трудно сразу найти все углеродные цепи. Поэтому для определения числа цепей используют формулу:

$$m = \frac{M_p * (M_p - 1)}{2}$$

2

где M_p – число концевых функциональных групп, таких как: метил ($-CH_3$), гидроксил ($-OH$) и фенил (C_6H_5-).

Например, в *n*-гептане две группы CH_3 , т. е. $M_p = 2$, из формулы следует, что число цепей равно 1. В изобутане $M_p = 3$, подставляя это значение в формулу получим $m = 3$.

Практическая часть

Пример 1. Вычислить температуру самовоспламенения 3-этил-4-изо-пропилгексана

Решение. 1. Записываем структурную формулу соединения, нумеруем все атомы углерода

2. В молекуле соединения пять концевых метильных групп CH_3 , т. е. $M_p = 5$. Определяем число цепей: их количество равно 10

3. Найдем эти цепи и установим их длину. Для удобства составим таблицу

3. Составим таблицу, в которую внесем цепи и их длину. Длина первых четырех цепей, содержащих гидроксильную группу $-OH$ на единицу больше, чем число атомов углерода в цепи.

4. Рассчитываем среднюю длину углеродных цепей

5. По табл. VIII прил. находим соответствующую температуру самовоспламенения $T = 582K = 309$.
оС

Особенности расчета $T_{св}$ ароматических соединений

При определении числа цепей и их длины в молекуле ароматического соединения следует иметь в виду следующие правила:

1. Фенил (бензольное кольцо), находящийся внутри углеродной цепи, считается и как концевой.
2. При определении углеродной цепи атомы углерода в бензольном кольце в расчет не принимаются.
3. Фенил, находящийся в углеродной цепи, укорачивает ее на единицу.

Пример 2. Вычислить температуру самовоспламенения 1-изопропил-4-изобутилбензола.

Решение. 1. Записываем структурную формулу соединения и вводим обозначения:

2. В молекуле соединения четыре концевые метильные группы $-CH_3$ и одна – фенил, т. е. $M_p = 5$:
 3. В этом соединении согласно первому правилу концевым необходимо считать и фенил. В этом случае углеродные цепи будут заканчиваться не только на метильных группах $-CH_3$, но и на бензольном кольце.

Составим таблицу, в которую внесем углеродные цепи и их длину.

Обратите внимание, что при определении длины цепи атомы углерода, имеющиеся в бензольном кольце, в расчет не принимаются (правило 2).

У восьми углеродных цепей, которые имеют в своем составе фенил как в середине, так и в конце цепи, длина цепи на единицу меньше, чем число атомов углерода (правило 3).

4. Рассчитаем среднюю длину углеродных цепей

5. По табл. IX приложения найдем $T_{св}$ ароматического соединения с соответствующей длиной цепи $T_{св} = 698 \text{ K} = 425 \text{ }^\circ\text{C}$.

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

Рассчитать стандартную температуру самовоспламенения i -го горючего вещества, используя формулу определения температуры по средней длине цепи (см. табл.)

Таблица

№ варианта	Горючее вещество
1.	1,3-диметил-4-пропилбензол
2.	2-метил-3-этилгексан
3.	3,3-диметилпентан
4.	3,3-диметилпентанол-1
5.	1,2-диметил-4-этилбензол
6.	2-метилпропанол-2
7.	1,2,3,4-тетраметилбензол
8.	3,3-диметилгептанол-2
9.	3,3-диметил-4,4-диэтилнонан
0.	2,2,3,3-тетраметилбутан

Условия выполнения задания

1. Место (время) выполнения задания: задание выполняется в аудиторное время
2. Максимальное время выполнения задания: 45 мин.
3. Вы можете воспользоваться учебником, алгоритмом решения задач

Шкала оценки образовательных достижений:**Критерии:**

- умение составить уравнение реакции ;
- умение расставить коэффициенты в уравнении;
- умение следовать алгоритму действий;
- умение выбрать формулы для решения задачи;
- умение правильно производить математические расчёты;
- правильность оформления работы.

Критерии оценки:

- оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если выполнены все вышеперечисленные требования к решению расчётной задачи
- оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если допущены незначительные погрешности в оформлении и при математических расчётах.
- оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если допущены незначительные погрешности в алгоритме действий при решении задачи.
- оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если задача не решена.

Тема 2.2. Самовозгорание**ЗАДАНИЕ №10****Подготовка доклада (работа с научной литературой):****Тема доклада:**

«Предупреждение теплового, химического и микробиологического самовозгорания»

Условия выполнения задания

1. Место (время) выполнения задания: задание выполняется во внеаудиторное время
2. Максимальное время выполнения задания: 180 мин.
3. Вы можете воспользоваться учебником, глобальной сетью

Шкала оценки образовательных достижений:**Критерии:**

- умение сформулировать цель работы;
- умение подобрать научную литературу по теме;
- полнота и логичность раскрытия темы;
- самостоятельность мышления;
- стилистическая грамотность изложения;
- корректность выводов;
- правильность оформления работы.

Критерии оценки:

- оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если выполнены все вышеперечисленные требования к изложению, оформлению, и представлению творческой работы (доклада).
- оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если допущены незначительные погрешности в оформлении и представлении работы.
- оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если допущены незначительные погрешности в содержании, оформлении и представлении работы.
- оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если представленная работа не соответствует требованиям.

Тема 3.1. Горение газов

ЗАДАНИЕ №11

Концентрационные пределы воспламенения

Цель работы: научиться производить расчёты концентрационных пределов различными способами
Теоретическая часть

Расчёт НКПВ индивидуальных соединений по предельной теплоте сгорания

В соответствии с тепловой теорией наличие пределов распространения можно объяснить тем, что для распространения пламени по горючей среде необходимо выделение определённого количества тепла. Экспериментально установлено, что количество тепла выделяющееся при горении смесей с содержанием горючего, отвечающим НКПВ, для большинства веществ является приблизительно величиной постоянной, равной 1830 кДж/м³. эту величину называют предельной теплотой сгорания $Q_{пр}$. Если известно значение низшей теплоты сгорания вещества Q_n , то можно рассчитать концентрацию горючего, %, в предельной по горючести смеси, т.е. величину НКПВ

$$\varphi_n = \frac{Q_{пр}}{Q_n} \cdot 100$$

Расчёт КПП по аппроксимационной формуле

По аппроксимационной формуле можно рассчитывать значения и нижнего и верхнего концентрационных пределов распространения пламени.

$$\varphi_{n(b)} = \frac{100}{a + b \cdot n}$$

где n- число молей кислорода, необходимое для полного сгорания одного моля горючего вещества, находим из уравнения реакции горения (стехиометрический коэффициент при кислороде);
a, b- константы, имеющие определённые значения для нижнего и верхнего пределов в зависимости от значения n, приведены в таблице.

Область применения	a	b
Для вычисления нижнего предела	8,684	4,679
Для вычисления верхнего предела при $n \geq 7,5$	1,550 0,768	0,560 6,554

Расчёт КПП для смеси горючих веществ

Если горючее представляет собой смесь индивидуальных веществ с известными концентрационными пределами распространения пламени, то для такой смеси можно установить значения НКПВ и ВКПВ по формуле Ле- Шателье

$$\varphi_{n(b) \text{ смеси}} = \frac{1}{\sum \frac{\mu(i)}{\varphi_{n(b)}(i)}}$$

где $\mu(i)$ - молярная доля вещества в смеси

$\varphi_{н(в)}(i)$ -значение нижнего или верхнего концентрационного предела распространения пламени. Эта формула справедлива для большинства смесей веществ, хотя в некоторых случаях могут наблюдаться значительные отклонения, связанные с химическим взаимодействием веществ.

Практическая часть

Задача. Найти НКПВ бутилена, если его низшая теплота сгорания равна 2545 кДж/моль.

Решение.

1. Так как $Q_{пр}$ выражена в кДж/м³, поэтому Q_n также необходимо выразить в кДж/м³,
 $22,4 \cdot 10^{-3}$ м³/моль- объём одного моля

$$Q_n = \frac{2545}{22,4 \cdot 10^{-3}} = 113620 \text{ кДж/м}^3$$

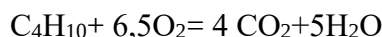
2. Находим НКПВ:

$$\varphi_n = \frac{Q_{пр} \cdot 100}{Q_n} = \frac{1830 \cdot 100}{113620} = 1,6\%$$

Задача. Рассчитать КПР бутана в воздухе. Расчёт произвести по аппроксимационной формуле.

Решение :

1. записать уравнение реакции



$$n = 6,5$$

2. рассчитываем НКПВ по приведённой формуле

$$\varphi_n = \frac{100}{8,684 \cdot 6,5 + 4,679} = 1,64\%$$

3. аналогично находим ВКПВ, учитывая, что n

$$\varphi_v = \frac{100}{1,55 \cdot 6,5 + 0,56} = 9,4\%$$

Задача. Определить концентрационные пределы распространения пламени пропанобутановой смеси, содержащей 60 % пропана и 40% бутана.

Решение.

1. экспериментальные значения КПВ для компонентов смеси находим по таблицам или по аппроксимационной формуле.

для пропана НКПВ=2,37% ВКПВ=9,5%

для бутана НКПВ= 1,86% ВКПВ= 8,41%

1. согласно формуле Ле-Шателье НКПВ для смеси равен

$$\varphi_{н \text{ смеси}} = \frac{1}{\sum \frac{\mu(i)}{\varphi_{н(i)}}} = \frac{1}{\frac{0,6}{2,37} + \frac{0,4}{1,86}} = 2,14\%$$

1. аналогично ВКПВ равен

$$\varphi_{в \text{ смеси}} = \frac{1}{\sum \frac{\mu(i)}{\varphi_{в(i)}}} = \frac{1}{\frac{0,6}{9,5} + \frac{0,4}{8,41}} = 9,03\%$$

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

1.1 Определить концентрационные пределы воспламенения по аппроксимационной формуле для следующих веществ: бутан, этан, пропан, пентан, гексан

1.2 Определить концентрационные пределы смеси состоящей из 10% ацетилена, 40 % бутана, 30 % этана и 20 % этилена

Условия выполнения задания

1. Место (время) выполнения задания: задание выполняется в аудиторное время
2. Максимальное время выполнения задания: 90
мин.
3. Вы можете воспользоваться учебником, алгоритмом решения задач

Шкала оценки образовательных достижений:**Критерии:**

- умение составить уравнение реакции ;
- умение расставить коэффициенты в уравнении;
- умение следовать алгоритму действий;
- умение выбрать формулы для решения задачи;
- умение правильно производить математические расчёты;
- правильность оформления работы.

Критерии оценки:

- оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если выполнены все вышеперечисленные требования к решению расчётной задачи
- оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если допущены незначительные погрешности во оформлении и при математических расчётах.
- оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если допущены незначительные погрешности в алгоритме действий при решении задачи.
- оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если задача не решена.

ЗАДАНИЕ №12

Давление взрыва и температура взрыва . Их практическое значение. Формы формирования ударной волны

Цель работы: изучить понятия давление и взрыва и температура взрыва, составить схему «Формы формирования ударной волны»

Изучите теоретическую часть практической работы

Теоретическая часть

Общая характеристика взрывных явлений.

Особую опасность с точки зрения возможных потерь и ущерба представляют взрывы.

Взрыв - это освобождение большого количества энергии в ограниченном объеме за короткий промежуток времени.

Взрыв приводит к образованию сильно нагретого газа (плазмы) с очень высоким давлением, который при моментальном расширении оказывает ударное механическое воздействие (давление, разрушение) на окружающие тела.

Взрыв в твердой среде сопровождается ее разрушением и дроблением, в воздушной или водной - вызывает образование воздушной или гидравлической ударных волн, которые и оказывают разрушающее воздействие на помещенные в них объекты.

В деятельности, не связанной с преднамеренными взрывами в условиях промышленного производства, под взрывом следует понимать быстрое, неуправляемое высвобождение энергии, которое вызывает ударную волну, движущуюся на некотором удалении от источника.

В результате взрыва вещество, заполняющее объем, в котором происходит высвобождение энергии, превращается в сильно нагретый газ (плазму) с очень высоким давлением, (до нескольких сотен тысяч атмосфер). Этот газ, моментально расширяясь, оказывает ударное механическое воздействие на окружающую среду, вызвав ее движение. Взрыв в твердой среде вызывает ее дробление и разрушение в гидравлической и воздушной среде - вызывает образование гидравлической и воздушной ударной (взрывной) волны.

Взрывная волна - есть движение среды, порожденное взрывом, при котором происходит резкое повышение давления, плотности и температуры среды.

Фронт (передняя граница) взрывной волны распространяется по среде с большой скоростью, в результате чего область охваченная движением, быстро расширяется.

Посредством взрывной волны (или разлетающихся продуктов взрыва - в вакууме) взрыв производит механическое воздействие на объекты, находящиеся на различных удалениях от места взрыва. По мере увеличения расстояния от места взрыва механическое воздействие взрывной волны ослабевает. Таким образом, взрыв несет потенциальную опасность поражения людей и обладает разрушительной способностью.

Взрыв может быть вызван:

- детонацией конденсированных взрывчатых веществ (ВВ.);
- быстрым сгоранием воспламеняющего облака газа или пыли;
- внезапным разрушением сосуда со сжатым газом или с перегретой жидкостью;
- смешиванием перегретых твердых веществ (расплава) с холодными жидкостями и т.д.

В зависимости от вида энергоносителей и условий энерговыделения, источниками энергии при взрыве могут быть как химические, так и физические процессы.

Источником энергии химических взрывов являются быстропротекающие самоускоряющиеся экзотермические реакции взаимодействия горючих веществ с окислителями или реакции термического разложения нестабильных соединений.

Источниками энергии сжатых газов (паров) в замкнутых объемах аппаратуры (оборудования) могут быть как внешние (энергия, используемая для сжатия тазов, нагнетания жидкостей; теплоносители, обеспечивающие нагрев жидкости и газов в замкнутом пространстве) так и внутренние (экзотермические физико-химические процессы и процессы тепломассообмена в замкнутом объеме), приводящие к интенсивному испарению жидкостей или газообразованию, росту температуры и давления без внутренних взрывных явлений.

Источником энергии ядерных взрывов являются быстропротекающие цепные ядерные реакции синтеза легких ядер изотопов водорода (дейтерия и трития) или деления тяжелых ядер изотопов урана и плутония. Физические взрывы возникают при смещении горячей и холодной жидкостей, когда температура одной из них значительно превосходит температуру кипения другой. Испарение в этом случае протекает взрывным образом. Возникающая при этом физическая детонация сопровождается возникновением ударной волны с избыточным давлением, достигающим в ряде случаев сотен МПа.

Энергоносителями химических взрывов могут быть твердые, жидкие, газообразные горючие вещества, а также аэрозвеси горючих веществ (жидких и твердых) в окислительной среде, в т.ч. и в воздухе.

Взрывчатые вещества

Твердые и жидкие энергоносители относятся в большинстве случаев к классу конденсированных взрывчатых веществ.

Взрывчатыми веществами называются химические соединения или смеси веществ, способные к быстрой химической реакции с выделением большого количества тепла и образованием газа.

В состав ВВ. входят восстановители и окислители или другие химические нестабильные соединения. При инициировании взрыва в этих веществах с огромной скоростью протекают экзотермические окислительно-восстановительные реакции или реакции термического разложения с выделением тепловой энергии и большого количества газа. Эта реакция, возникнув в какой-либо точке заряда в результате нагревания, удара, трения, взрыва другого ВВ. или иного внешнего воздействия распространяется по заряду путем тепло - или массообмена, (горение), ибо ударной волны (детонация).

ВВ. обладают способностью к быстрому разложению, при котором энергия межмолекулярных связей выделяется в виде теплоты, причем - при повышении температуры скорость разложения ВВ. увеличивается. При сравнительно низкой температуре скорость разложения ВВ. невелика и ВВ. в течение длительного времени может не претерпевать заметного изменения в своем состоянии. В этом случае между ВВ. и окружающей средой устанавливается тепловое равновесие.

Если создаются условия, при которых теплота, выделяемая ВВ., не успевает отводиться в окружающую среду, то благодаря повышению температуры развивается процесс самоускоряющегося химического разложения ВВ., который называется тепловым взрывом. Возможен иной процесс осуществления взрыва, при котором химическая реакция распространяется по заряду ВВ. последовательно от слоя к слою в виде волны. Движущийся по заряду с большой скоростью (9 км/с) передний фронт этой волны представляет собой ударную волну - резкий переход вещества из исходного состояния в состояние с очень высоким давлением и температурой. ВВ., сжатое ударной волной, оказывается в состоянии, при котором химическое разложение протекает очень быстро.

Процесс химического превращения ВВ., который вводится ударной волной и сопровождается быстрым выделением энергии, называется детонацией.

Скорость химической реакции при детонации обычно достигает нескольких км/сек. Тонна твердого ВВ. может превратиться в плотный газ с очень высоким давлением за время $1 \cdot 10^{-4}$ сек. Давление достигает в этом случае нескольких сотен тысяч атмосфер.

Преимущество конденсированных и водонаполненных ВВ. заключается в значительной концентрации энергии в единице объема.

Резко расширяясь, сжатый газ наносит по окружающим телам удар огромной силы. Происходит взрыв. Объекты, находящиеся вблизи заряда, подвергаются дроблению и сильнейшей пластической деформации (местное или бризантное действие взрыва). Объекты, находящиеся вдали от парада, испытывают меньшее разрушение, но зона, в которой оно происходит, гораздо больше (общее или фугасное действие взрыва). Бризантность ВВ. определяется давлением, развивающимся при детонации, которое в свою очередь зависит от плотности заряда и скорости детонации. Фугасность (работоспособность) ВВ. определяется теплотой, а также объемом газообразных продуктов, образующихся при взрыве.

Основными характеристиками ВВ. являются:

- бризантность;
- фугасность (работоспособность);
- химическая и физическая стойкость (способность сохранять свои свойства, при хранении и обращении с ними);
- чувствительность к внешним воздействиям (минимальное количество энергии, необходимое для возбуждения взрыва);
- детонационная способность (критический диаметр детонации).

К взрывоопасным веществам относятся:

- кислородсодержащие соединения (перекиси, озониды, органические соли хлорной и хлорноватой кислот, нитриты, нитрозосоединения и т.п.);
- некоторые вещества, не содержащие кислорода (азиды, ацетилен, ацетилениды, диазосоединения, гидрозин, йодистый и хлористый азот, смеси горючих веществ с галогенами, соединения инертных газов и т.п.).

Из многих, способных к взрыву соединений, в качестве ВВ. используются:

- нитросоединения (тринитротолуол, тетрил, гексоген, октоген, нитроглицерин, тэн, нитроклетчатка, нитрометан);
- соли азотной кислоты (нитрат аммония).

Как правило, эти вещества применяются не в чистом виде, а в виде смесей.

По взрывчатым свойствам (условиям перехода горения в детонацию) ВВ. подразделяют на:

- иницирующие (первичные);
- бризантные (вторичные);
- метательные (пороха).

Иницирующие ВВ. характеризуются очень высокой скоростью взрывного превращения, высокой чувствительностью, неустойчивым горением, быстрым его переходом в детонацию уже при атмосферном давлении. Взрыв может быть возбужден поджиганием, ударом или трением.

Основными представителями инициирующих ВВ. являются азид свинца, гремучая ртуть, тетразен, тринитрорезорцинат свинца. Иницирующие ВВ. используются для возбуждения взрывов других ВВ.

Бризантные ВВ. более инертны, обладают меньшей чувствительностью к внешним воздействиям. Горение этих ВВ. может перейти в детонацию только при наличии прочной оболочки, либо большого количества ВВ. Относительно безопасны в обращении. Основными представителями бризантных ВВ. являются нитросоединения и взрывчатые смеси на основе нитратов, хлоратов, перхлоратов и жидкого кислорода: тринитротолуол, тетрил, гексоген, октоген др. Применяются при производстве взрывных работ и для снаряжения боеприпасов различных видов и назначения. Метательные ВВ. (пороха) обладают устойчивым горением, не детонируют в самих жестких условиях.

Место	Год	Нанесённый ущерб
Сан-Франциско	1906	Уничтожено 95% зданий
Токио-Июпогама	1923	Уничтожено 377 тыс. зданий, погибло 311 тыс. человек.
Гамбург	1943	Уничтожено 214 тыс. зданий
Дрезден	1945	Уничтожено 80% зданий
Токио	1945	Пожар на площади 44 км ²

Все виды взрывов можно классифицировать на следующие три группы:

- неконтролируемое резкое высвобождение энергии за короткий промежуток времени и в ограниченном пространстве (взрывные процессы);
- образование облаков топливно-воздушной смеси (ТВС) или других химических газообразных, пылеобразных веществ, их быстрые взрывные превращения (объемный взрыв);
- взрывы трубопроводов, сосудов, находящихся под высоким давлением или с перегретой жидкостью, прежде всего резервуаров со сниженным углеродным газом.

Взрывы проходят за счет высвобождения химической энергии (взрывчатке вещества), внутриядерной энергии (ядерный взрыв), электромагнитной энергии (искровой разряд, лазерная искра), энергии сжатых газов (при превышении давления газа в сосуде предела прочности этого сосуда - различных баллонов, трубопроводов и т.д.)

Наиболее часто взрывы происходят на взрывоопасных объектах (ВОО).

Взрывоопасный объект - это объект, на котором хранятся, используются, производятся, транспортируются вещества (продукты) приобретающие при определенных условиях способность к взрыву.

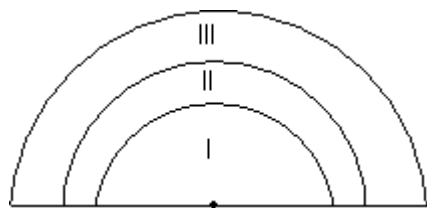
К взрывоопасным объектам относятся:

- предприятия оборонной, нефтедобывающей, нефтеперерабатывающей, нефтехимической, химической, газовой промышленности;
- предприятия хлебопродуктовой, текстильной и фармацевтической промышленности
- склады легковоспламеняющихся и горючих жидкостей и сжиженных газов.

Основными поражающими факторами взрыва являются:

1. воздушная ударная волна, возникающая при ядерных взрывах, взрывах инициирующих и детонирующих взрывчатых веществ, при взрывных превращениях топливовоздушных смесей (ТВС), газовоздушных смесей (ГВС), взрывах резервуаров с перегретой жидкостью и резервуаров под давлением,

2. осколочные поля, создаваемые летящими обломками разного рода объектов технологического оборудования, строительных деталей.



При взрыве газо-воздушной среды образуется три полусферические области (зоны):

I – зона непосредственного бризантного действия газо-воздушного взрыва вблизи земли (зона полных разрушений);

II – зона действия продуктов взрыва;

III – зона действия воздушной ударной волны.

Эффективное воздействие в I зоне характеризуется разрушениями, которые возникают в результате резкого удара продуктов детонации, находящихся внутри газо-воздушной смеси окружающих предметов. Радиус этой зоны определяется по таблицам или по формуле $\chi_1 = 1.7 \chi_0$.

При взрывах углеводорода, пропана и метана χ_0 имеет значение 8.

Кол-во ГВС	10 т.	50 т.	100 т.	200 т.
Значение χ_0	40 м.	70 м.	90 м.	109 м.

Основными параметрами поражающих факторов являются:

1. – воздушной ударной волны - избыточное давление в её фронте.

2. - осколочного поля - количество осколков, их кинетическая энергия и радиус разлёта.

Ударная волна любых взрывов вызывает большие людские потери и разрушения элементов сооружений. Размеры зон поражения от взрывов возрастают с увеличением их мощности. Действие ударной волны на элементы сооружения характеризуется сложным комплексом нагрузок:

- прямое давление;
- давление отражения;
- давление обтекания;
- давление затекания;
- нагрузка от сейсмозрывных волн и т.п.

Сопротивляемость элементов сооружений действию ударной волны принято характеризовать величиной избыточного давления во фронте ударной волны, в РФ. Избыточное давление в РФ используется как универсальная характеристика сопротивляемости элементов сооружения действию ударной волны и для определения степени их разрушения и повреждения.

Степень и характер повреждения сооружений при взрывах во время производственных аварий зависят от:

1. - мощности (тротилового эквивалента) взрыва;
- 2.- технических характеристик сооружения (конструкция, прочность, размер, форма - капитальные, временные, наземные, подземные и т.п.);
- 3.- планировки объекта (рассредоточение сооружений), характера застройки, ландшафта местности (рельеф, грунт, заселённость);
- 5.- метеоусловий (направление и сила взрыва, влажность, температура, наличие осадков).

Последствия взрывов

В результате действия поражающих факторов взрыва происходит разрушение или повреждение зданий, сооружений, технологического оборудования, транспортных средств, элементов коммуникаций и других объектов, гибель людей.

Практическая часть

1. Составьте краткий конспект теоретической части
2. Составьте таблицу «Зависимость санитарных и безвозвратных потерь при взрывах от избыточного давления во фронте ударной волны»
3. Подтвердите данные таблицы примерами из реальных условий

Условия выполнения задания

1. Место (время) выполнения задания: задание выполняется на занятии в аудиторное время
2. Максимальное время выполнения задания: 90 мин.
3. Вы можете воспользоваться таблицей, конспектом лекций.

Шкала оценки образовательных достижений:**Критерии оценки:**

Выполнение практически всей работы (не менее 70%) – положительная оценка

ЗАДАНИЕ №13*Максимальное давление взрыва*

Цель работы: используя алгоритм нахождения максимального давления взрыва и безопасного расстояния по действию воздушной ударной волны научиться производить расчёты тротилового эквивалента, радиуса безопасной зоны, делать выводы о возможностях разрушения технологического оборудования

Теоретическая часть

Максимальное давление взрыва – это давление, которое возникает в результате сгорания или детонации парогазовых смесей в изохорно-адиабатических условиях. При сгорании парогазовой смеси в замкнутом объеме изменение давления в системе вызвано повышением температуры и изменением числа молей газа, которое происходит в результате химического превращения. Исходя из этого, максимальное давление взрыва парогазовых смесей рассчитывают по формуле $P_{взр} = P_0 \cdot T_{взр} \cdot n_{пг} / T_0 \cdot n_c$

где P_0 , T_0 и n_c – давление, температура и количество молей горючей смеси до взрыва;

$T_{взр}$ и $n_{пг}$ – температура взрыва и количество молей продуктов горения.

Мощность взрыва и безопасное расстояние по действию воздушных ударных волн

Для оценки мощности взрыва используется понятие тротилового эквивалента. Известно, что при взрыве 1 кг тротила (тринитротолуола - ТНТ) выделяется энергия, равная $Q_{ТНТ} = 4,19.10^3$ кДж/кг. Исходя из этого, мощность любого взрыва можно условно характеризовать количеством тротила, которое может произвести во взрыве выделение такого же количества энергии. Количество тротила или тротиловый эквивалент взрыва будет равен

$$M_{ТНТ} = \frac{Q_{взр}}{m \cdot \gamma \cdot Q_{ТНТ}}$$

где $Q_{взр}$ – количество теплоты (энергии), выделяющейся при взрыве в кДж/кг; m – масса горючего вещества, участвующего во взрыве; γ – доля потенциальной энергии, перешедшей в кинетическую энергию взрыва.

При взрыве парогазовой смеси углеводородных топлив в ограниченном объеме (оборудование, помещение) коэффициент γ принимают равным 1, при взрыве в неограниченном объеме (взрыв облака парогазовой смеси) коэффициент γ , как правило, принимают равным 0,4.

Учитывая, что $Q_{взр} \approx Q_n$, уравнение (45) можно записать в виде

$$M_{ТНТ} = \frac{Q_n}{m \cdot \gamma \cdot Q_{ТНТ}}$$

$$\dot{q}_{ТНТ} = \frac{Q_n}{Q_{ТНТ}}$$

$\dot{q}_{ТНТ}$ называют тротиловым эквивалентом вещества.

Размер безопасной зоны по действию давления ударной воздушной волны взрыва $R_{без}$, м, рассчитывают по формуле

$$R_{без\ ТНТ} = 15 \cdot \sqrt[3]{M}$$

Пример 1 . Рассчитать максимальное давление взрыва газовой

этановоздушной смеси стехиометрического состава. Считать, что исходная смесь до взрыва находилась при нормальных условиях ($T_0 = 273$ К, $P_0 = 101,3$ кПа). Оценить возможность

разрушения технологического оборудования, рассчитанного на давление $P_{\text{пред}} = 1,5 \cdot 10^3$ кПа при взрыве этановоздушной смеси.

Решение. Запишем уравнение материального баланса процесса горения этана в воздухе $\text{C}_2\text{H}_6 + 3,5\text{O}_2 + 3,5 \cdot 3,76\text{N}_2 = 2\text{CO}_2 + 3\text{H}_2\text{O} + 3,5 \cdot 3,76\text{N}_2$.

По уравнению определим количество молей газовой смеси до взрыва n_c и после взрыва $n_{\text{пг}} n_c = 1 + 3,5 + 3,5 \cdot 3,76 = 17,7$ моль;

$n_{\text{г}} = 2 + 3 + 3,5 \cdot 3,76 = 18,2$ моль.

Температуру взрыва можно определить методом последовательных приближений. Воспользуемся расчетами, где было получено значение температуры взрыва для стехиометрической этановоздушной смеси $T_{\text{взр}} = 2875$ К. Подставляя значения величин в формулу получим $P = 1096,9$ кПа.

Избыточное давление взрыва

$\Delta P_{\text{взр}} = P_{\text{взр max}} - P_0 = 1096,9 - 101,3 = 995,6$ кПа,

так как $P_{\text{взр max}} < P_{\text{пред}}$, можно сделать вывод, что технологическое оборудование не разрушится.

Пример 2. Определить тротиловый эквивалент взрыва паровоздушного облака, образовавшегося при аварийном разливе и испарении 500 кг ацетона. Оценить безопасное расстояние по действию ударной воздушной волны.

Решение. Для определения тритилового эквивалента взрыва паровоздушного облака необходимо знать Q_n ацетона. Величину Q_n можно рассчитать по закону Гесса или взять из табл. XI приложения. Согласно справочным данным для ацетона $Q_n = 1668$ кДж/моль.

Учитывая, что масса 1 моля ацетона равна $58 \cdot 10^{-3}$ кг/моль,

$Q = 1668 / 58 \cdot 10^{-3} = 288 \cdot 10$ кДж/кг

Доля потенциальной энергии, перешедшей в кинетическую энергию при взрыве облака парогазовой смеси принимается равной $\gamma = 0,4$. Энергия взрыва 1 кг тротила $Q_{\text{ТНТ}} = 4,19 \cdot 10^3$ кДж/кг.

Подставляя эти величины в формулу, получим $M_{\text{ТНТ}} = 1375$ кг тротила.

Таким образом, взрыв паровоздушного облака, образовавшегося 500 кг ацетона эквивалентен взрыву 1375 кг тротила.

Безопасное расстояние по действию ударной воздушной волны при взрыве паровоздушной смеси согласно будет равно $R_{\text{без}} = 170$ м.

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

1. Определить тротиловый эквивалент взрыва паровоздушного облака, образовавшегося при аварийном разливе и испарении 1000 кг метана. Оценить безопасное расстояние по действию ударной воздушной волны.

2. Определить тротиловый эквивалент взрыва паровоздушного облака, образовавшегося при аварийном разливе и испарении 300 кг этилбензола. Оценить безопасное расстояние по действию ударной воздушной волны.

Условия выполнения задания

1. Место (время) выполнения задания: задание выполняется на занятии в аудиторное время
2. Максимальное время выполнения задания: 90 мин.
3. Вы можете воспользоваться таблицей, конспектом лекций, алгоритмом решения задач

Шкала оценки образовательных достижений:

Критерии оценки:

Выполнение практически всей работы (не менее 70%) – положительная оценка

ЗАДАНИЕ №14

Стехиометрическая и безопасная концентрация горючего вещества

Цель работы: изучив теоретическую часть научиться производить расчёты минимальной флегматизирующей концентрации и безопасной концентрации кислорода

*Теоретическая часть***Зависимость КПР от концентрации флегматизатора**

Концентрационная область распространения пламени горючей смеси сужается при введении негорючих компонентов. Изменение концентрационных пределов зависит от природы и концентрации негорючего вещества, используемого в качестве флегматизатора. Чаще всего в качестве флегматизаторов используют нейтральные газы (нереагирующие в пламени), такие, как углекислый газ CO_2 , азот N_2 , водяной пар H_2O .

При увеличении концентрации флегматизатора в горючей смеси верхний концентрационный предел уменьшается, а нижний, как правило, незначительно увеличивается. При некоторой определенной для каждого флегматизатора концентрации нижний и верхний концентрационные пределы смыкаются (рис. 1). Эта точка называется экстремальной точкой области распространения пламени или точкой флегматизации. Концентрация флегматизатора, при которой происходит смыкание нижнего и верхнего концентрационных пределов, называется **минимальной флегматизирующей концентрацией (МФК)**. По сути, это минимальное количество флегматизатора, которое необходимо ввести в газозвоздушную смесь стехиометрического состава, чтобы сделать ее негорючей. Речь идет о стехиометрической смеси, так как она наиболее пожаровзрывоопасна. Минимальную флегматизирующую концентрацию можно рассчитать, если исходить из того, что адиабатическая температура горения смеси стехиометрического состава не может быть меньше 1500 К. Если за предельную адиабатическую температуру горения принять температуру, равную 1500 К, то достаточно точно расчет МФК можно провести по уравнению, которое для этого случая запишется так

$$T_r = T_0 + \frac{Q_n}{\sum c_p V_{\text{пр}} + C_{\text{рф}} V_{\text{ф}}}$$

где $C_{\text{рф}}$ – среднее значение теплоемкости флегматизатора при постоянном давлении для температурного интервала 273-1500 К, $V_{\text{ф}}$ – количество флегматизатора в исходной горючей смеси. Тогда из уравнения получим

$$V_{\text{ф}} = \frac{Q_n - (T_r - T_0) \sum c_p V_{\text{пр}}}{(T_r - T_0) C_{\text{рф}}}$$

Если в уравнение подставить значение $T_r = 1500$ К, то получим количество флегматизатора в исходной горючей смеси, при котором достигается эта предельная температура горения.

где $T_0 = 273$ К.

$$V_{\text{ф}} = \frac{Q_n - (1500 - T_0) \sum c_p V_{\text{пр}}}{(1500 - T_0) C_{\text{рф}}}$$

А минимальная флегматизирующая концентрация в % об. составит:

$$\varphi_{\text{мфк}} = \frac{V_{\text{ф}} 100}{V_{\text{Г}} + V_{\text{O}_2} + V_{\text{N}_2} + V_{\text{ф}}}$$

При расчете МФК принимают, что при сгорании горючего вещества на этом пределе углерод, содержащийся в нем, окисляется в основном до CO.

Концентрацию горючего в смеси, соответствующей точке флегматизации, в % об.

$$\varphi_{\text{Гф}} = \frac{V_{\text{Г}} 100}{V_{\text{Г}} + V_{\text{O}_2} + V_{\text{N}_2} + V_{\text{ф}}}$$

Концентрацию кислорода в этой же смеси (в точке флегматизации) называют минимальным взрывоопасным содержанием кислорода (МВСК), она будет равна

$$\varphi_{\text{O}_2\text{ф}} = 100 - \varphi_{\text{ф}} / 4,844$$

Безопасная концентрация кислорода устанавливается с некоторым запасом и рассчитывается по формуле:

$$\varphi_{\text{O}_2\text{без}} = 1,2 \varphi_{\text{O}_2\text{ф}} - 4,2$$

Примечание. Значения МВСК, полученные экспериментально для некоторых газодушных смесей при разбавлении их CO₂

Практическая часть

Рассчитать минимальную флегматизирующую концентрацию инертного разбавителя, исходя из минимальной адиабатической температуры горения паровоздушной смеси вещества А при разбавлении её флегматизатором Ф, а также минимальное взрывоопасное содержание кислорода и безопасную концентрацию кислорода.

Номер варианта	Название вещества А	Флегматизатор Ф
1	Ацетон	Водяной пар
2	Уксусноэтиловый эфир	Диоксид углерода
3	Диэтиловый эфир	Азот
4	Этиловый спирт	Азот
5	Метиловый спирт	Азот
6	Гексан	Азот
7	Пропилен	Водяной пар
8	Бензол	Диоксид углерода
9	Пропанол-1	Диоксид углерода
0	Пентан	Азот

Условия выполнения задания

1. Место (время) выполнения задания: задание выполняется на занятии в аудиторное время
2. Максимальное время выполнения задания: 90 мин.
3. Вы можете воспользоваться таблицей, конспектом лекций, алгоритмом решения задач

Шкала оценки образовательных достижений:

Критерии оценки:

Выполнение практически всей работы (не менее 70%) – положительная оценка

ЗАДАНИЕ №15**Вариант 1****Задание 1**

Определить низшую теплоту сгорания сернистого мазута, имеющего состав : С- 80,5 %, Н- 12,65%, S-4,1 %, О+N-0.5%, А- 0.25%, W-2%.

Задание 2

Рассчитать объём воздуха при $T = 283$ К и давлении 110000 Па, необходимого для горения 10 м^3 природного газа состава: CH_4 - 80,5%, $\text{C}_2 \text{H}_6$ 11%, C_3H_8 - 5%, N_2 -3,5%.

Задание 3

Определите состав (в объёмных процентах) и количество (м^3) влажных продуктов сгорания при горении 10 кг сена, состава: С-45%, Н-5%, О-35,5 %, А-5%, N-1,5%, W-8%.

Задание 4

Определить температуру горения керосина состава: С-85%, Н-12%, О+N-1%. Задание 5

Определить температуру самовоспламенения 3- метилбутанола- 2

Вариант 2**Задание 1**

Определить низшую теплоту сгорания сернистого мазута, имеющего состав : С- 82,5 %, Н- 10,65%, S-3,1 %, О+N-0.5%, А- 0.25%, W-3%.

Задание 2

Рассчитать объём воздуха при $T = 293$ К и давлении 100000 Па, необходимого для горения 10 м^3 природного газа состава: CH_4 - 88,5%, $\text{C}_2 \text{H}_6$ -3%, C_3H_8 - 5%, N_2 -3,5%.

Задание 3

Определите состав (в объёмных процентах) и количество (м^3) влажных продуктов сгорания при горении 8 кг соломы, состава: С-40%, Н-5%, О-40,5 %, А-5%, N-1,5%, W-8%.

Задание 4

Определить калориметрическую температуру горения керосина состава: С-85%, Н-12%, О+N- 1%.

Задание 5

Определить температуру самовоспламенения 2,4,6, триэтилбензола.

Условия выполнения задания

1. Место (время) выполнения задания: задание выполняется на занятие в аудиторное время
2. Максимальное время выполнения задания: 45 мин.
3. Вы можете воспользоваться конспектом лекций

Критерии оценки:

- оценка «отлично» выставляется студенту, если все задания контрольной работы выполнены без ошибок и недочётов;
- оценка «хорошо» если все задания контрольной работы выполнены без ошибок, имеется 2 -3небольших недочёта или одна-две несущественные ошибки ;
- оценка «удовлетворительно» -если контрольная работа выполнена на половину, либо каждое выполненное задание содержит существенные ошибки;
- оценка «неудовлетворительно» -если работа не выполнена или выполнена менее чем на 50 %.

Вопросы для подготовки к дифференцированному зачету промежуточной аттестации

по дисциплине **ОП.06 Теория горения и взрыва**
для студентов специальности 20.02.04 Пожарная безопасность

4 курс, 7 семестр

Теоретическая часть

1. Перечислите основные этапы развития представлений о горении.
2. Что понимают под горением
3. В чем заключается физика горения и химия горения
4. В чем заключаются отличия процесса горения от других окислительно-восстановительных реакций
5. Перечислите условия, необходимые для возникновения и распространения горения.
6. Какие окислители, кроме кислорода воздуха, Вам известны
7. Перечислите состав воздуха.
8. Чем отличается гомогенное горение от гетерогенного. Приведите примеры гомогенного и гетерогенного горения.
9. Чем отличается полное горение от неполного. Приведите примеры.
10. Дайте определение кинетического и диффузионного горения.
11. Как определить лимитирующую стадию процесса горения
12. Как по числу Рейнольдса определить гидродинамический режим горения.
13. Что понимают под пламенем
14. Какова структура пламени
15. Какие характеристики пламени Вам известны
16. Как зависит высота пламени от коэффициента диффузии
17. Чем обусловлено свечение пламени
18. Как можно объяснить разные цвета пламени
19. Как расчетным способом определить характер свечения пламени
20. Как можно объяснить образование копоти при горении некоторых веществ
21. Что является движущей силой диффузии кислорода воздуха в зону горения
22. Какие физические процессы происходят при горении
23. Что является движущей силой конвективных тепловых потоков
24. Почему конвективные потоки направлены вверх
25. Приведите формулу Стефана-Больцмана.
26. Какие химические процессы протекают в пламени при горении. Приведите примеры.
27. Чем опасна диссоциация паров воды при температурах горения выше 1800 °С
28. Что понимают под степенью черноты тела (пламени)
29. Какие существуют виды ионизации пламени
30. Чем обусловлены электрофизические свойства пламени
31. Каким прибором можно измерить температуру пламени
32. Что понимают под теплотой горения. Какова ее размерность
33. Сформулируйте закон Гесса и объясните его физический смысл.
34. Сформулируйте следствие из закона Гесса.

35. Чему равны теплоты образования простых веществ
36. В каких случаях при расчете теплового баланса используют высшую теплоту сгорания
37. Как связаны между собой (чем отличаются) низшая и высшая теплоты сгорания
38. Перечислите составляющие приходной и расходной части баланса.
39. Что понимают под температурой горения
40. Объясните, при каких условиях рассчитывают теоретическую, адиабатическую и калориметрическую температуры горения.
41. Какая температура выше теоретическая или калориметрическая и почему
42. Приведите алгоритм расчета температуры горения методом подбора (последовательных приближений).
43. Что называют удельной теплоемкостью
44. Что понимают под коэффициентом потерь тепла
45. Каким методом и с помощью какого прибора можно экспериментально определить теплоту горения веществ
46. Что понимают под теоретическим объемом воздуха
47. На какие группы подразделяются горючие вещества при расчетах материального баланса
48. Какие вещества называют индивидуальными
49. Чему равен коэффициент избытка воздуха
50. В каком случае коэффициент избытка воздуха равен 1
51. Какие значения принимает коэффициент избытка воздуха для открытых пожаров
52. Как связаны между собой коэффициент избытка воздуха и остаточное содержание кислорода в продуктах горения
53. Что такое дым
54. Какие характеристики дыма Вам известны
55. Как в условиях пожара можно понизить плотность задымления
56. Какие процессы определяют, как «самовозгорание»
57. Назовите причины самовозгорания.
58. Как влияет дисперсность материалов на скорость протекания химических и физических процессов.
59. Запишите и проанализируйте условия теплового самовозгорания.
60. Какой процесс называют тлением
61. Какие виды самовозгорания выделяют
62. Меры профилактики, исключающие самовозгорание угля.
63. Назовите причины самовозгорания торфа.
64. Какие меры нужно предпринять, чтобы избежать самовозгорания торфа
65. Что представляют собой жиры и масла. В чем причины самовозгорания растительных масел
66. . Какой величиной оценивают способность масел и жиров к самовозгоранию. Назовите масла и жиры, наиболее склонные к самовозгоранию.
67. Какие вещества называют пирофорными. Приведите примеры.

Практические задания

1. Задача.

Определить параметры пожарной нагрузки для помещения площадью 12 м^2 , в котором находится штабель древесины. Штабель выложен из 40 брусков, размером $1 \times 0,1 \times 0,1 \text{ м}$ в 8 рядов. При данных условиях за 20 минут выгорает 25% его массы. Плотность древесины принять равной 500 кг/м^3 , коэффициент полноты сгорания- 0,9. элементный состав древесины: С=40%, Н= 4%, азот = 16%, О= 10 %, влага=15 %, остальное- зола. Строительные конструкции выполнены из негорючих материалов.

2. Задача.

Определить ТПВ воспламенения в гомологическом ряду жирных углеводородов: бутан, пентан, гексан, октан, температуры кипения которых соответственно равны 273,5 К; 309 К; 341,7 К; 398,7 К. построить график изменения ТПВ от положения горючего в гомологическом ряду.

3. Задача.

По формуле Блинова определить температуру воспламенения этилового спирта.

4. Задача.

По формуле Элея рассчитать температуру вспышки 3-метилгексана (тем. кипения = $92,8^\circ\text{C}$)

5. Задача.

По аппроксимационной формуле рассчитать НКПВ и ВКПВ пентена в воздухе.

6. Задача.

Определить низшую теплоту сгорания сернистого мазута, имеющего состав : С- 82,5 %, Н- 10,65%, S-3,1 %, О+ N-0.5%, А- 0.25%, W-3%.

7. Задача.

Определите концентрационные пределы воспламенения газовой смеси, состоящей из 30% пропана, 40 % бутана и 30% ацетилена.

8. Задача.

Рассчитать объём воздуха при $T = 303 \text{ К}$ и давлении 100000 Па , необходимого для горения 5 м^3 природного газа состава: CH_4 - 88,5%, C_2H_6 -4%, C_3H_8 - 4%, N_2 -3,5%.

9. Задача.

Определить интенсивность подачи тонкораспылённой воды, теоретически необходимой для тушения пламени этилбензола. Приведённая массовая скорость выгорания составляет $0,088 \text{ кг/(м}^2 \cdot \text{с)}$; низшая теплота сгорания- $4386,9 \text{ кДж/моль}$; коэффициент полноты сгорания- 0,85; коэффициент излучения -0,4; НКПВ-1%

10. Задача.

Определить температуру самовоспламенения 3- метилбутанола-1.

11. Задача.

Определите состав (в объёмных процентах) и количество (м^3) влажных продуктов сгорания при горении 8 кг соломы, состава: С-45%, Н-10%, О-40,5 %, А-5%, Н-1,5%, W-8%.

12. Задача.

Рассчитать параметры газообмена и сделать выводы о возможном развитии пожара в помещении, если газообмен осуществляется через один проём размерами $0,75 \times 1,8 \text{ м}$, площадь пожара составляет 10 м^2 ; температура пожара достигла 700°C , средний элементный состав горючего вещества: С-70%, Н-4 %, О-3,4, S-3%. N-0.6%, W-9%. Массовая скорость выгорания составляет $0,0063 \text{ кг/(м}^2 \cdot \text{с)}$. при данных условиях плотность дымовых газов составляет $0,4 \text{ кг/м}^3$ Для данного вещества предельная концентрация кислорода равна 16 %.

13. Задача.

По предельной теплоте сгорания определить, как изменяется нижний концентрационный предел воспламенения в воздухе от положения непредельных углеводородов (этен, пропен, бутен, гептен, гексен) в гомологическом ряду. Постройте график зависимости НКПВ от молекулярной массы горючего.

14. Задача.

Определить параметры пожарной нагрузки для помещения площадью 16 м^2 , в котором находится штабель древесины. Штабель выложен из 50 брусков, размером $1 \times 0,1 \times 0,1 \text{ м}$ в 10 рядов. При данных условиях за 25 минут выгорает 30% его массы. Плотность древесины принять равной 500 кг/м^3 , коэффициент полноты сгорания- 0,9. элементный состав древесины: С=40%, Н= 4%, азот =16 %, О= 10 %, влага=15 %, остальное- зола. Строительные конструкции выполнены из несгораемых материалов.

15. Задача.

По формуле Блинова рассчитать температуру вспышки в закрытом тигле для амилового спирта.

16. Задача. По предельной теплоте сгорания определить, как изменяется нижний концентрационный предел воспламенения в воздухе от положения непредельных углеводородов (этин, пропин, бутин, гептин, гексин) в гомологическом ряду. Постройте график зависимости НКПВ от молекулярной массы горючего.

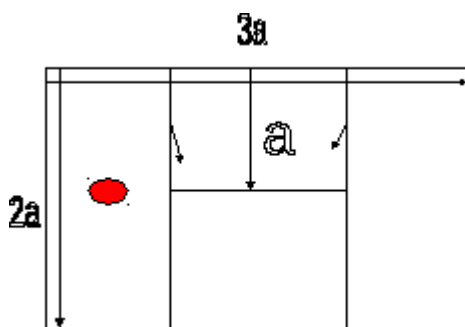
17. Задача. Определить критическую и оптимальную интенсивности подачи раствора пенообразователя по результатам опыта. Пена подавалась в течение 90 секунд четырьмя ГПС-600. площадь резервуара 314 м^2 . толщина слоя пены после тушения составила 0,6 м.

18. Задача. Определить интенсивность подачи тонкораспылённой воды, теоретически необходимой для тушения пламени этилбензола. Приведённая массовая скорость выгорания составляет $-0,088 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$; низшая теплота сгорания- $4386,9 \text{ кДж/моль}$; коэффициент полноты сгорания- 0,85; коэффициент излучения -0,4; НКПВ-1%

19. Задача. Определить критическую и оптимальную интенсивности подачи раствора пенообразователя по результатам опыта. Пена подавалась в течение 50 секунд тремя ГПС-200. площадь резервуара 28 м^2 . Толщина слоя пены после тушения составила 0,6 м.

20. Задача. Рассчитать объём воздуха при $T = 293 \text{ К}$ и давлении 100000 Па , необходимого для горения 10 м^3 природного газа состава: CH_4 - 88,5%, $\text{C}_2 \text{H}_6$ -3%, C_3H_8 - 5%, N_2 -3,5%.

21. Задача. Определить площадь пожара в помещении на заданные моменты времени: 5,15, 20,25 мин. Построить план и график развития пожара. $A=10 \text{ м}$, предел огнестойкости дверей равен 0,15; линейная скорость распространения пламени составляет 0,8 м/мин.



22. **Задача.** Определить критическую и оптимальную интенсивности подачи раствора пенообразователя по результатам опыта. Пена подавалась в течение 60 секунд тремя ГПС-600. площадь резервуара 113 м². Толщина слоя пены после тушения составила 0,4 м.

23. **Задача.** Определить площадь пожара в помещении на заданные моменты времени: 5,15, 20,25 мин. Построить план и график развития пожара. $A=10$ м, предел огнестойкости дверей равен 0,15; линейная скорость распространения пламени составляет 0,8м/мин.

24. **Задача.** По формуле Элея рассчитать температуру вспышки 2-метилгексана (темп.кипения =90,1⁰С)

25. **Задача.** Определить площадь пожара в помещении на заданные моменты времени: 5,15, 20,25 мин. Построить план и график развития пожара. $A=10$ м, предел огнестойкости дверей равен 0,2; линейная скорость распространения пламени составляет 0,9м/мин.

26. **Задача.** Определить площадь пожара в помещении на заданные моменты времени: 5,15, 20,25 мин. Построить план и график развития пожара. $A=10$ м, предел огнестойкости дверей равен 0,2; линейная скорость распространения пламени составляет 1 м/мин.

27. **Задача.** Определить площадь пожара в помещении на заданные моменты времени: 5,15, 20,25 мин. Построить план и график развития пожара. $A=10$ м, предел огнестойкости дверей равен 0,2; линейная скорость распространения пламени составляет 1 м/мин.

28. **Задача.** Определить площадь пожара в помещении на заданные моменты времени: 6,12, 20,25 мин. Построить план и график развития пожара. $A=8$ м, предел огнестойкости дверей равен 0,1; линейная скорость распространения пламени составляет 1 м/мин.

29. **Задача.** Определить площадь пожара в помещении на заданные моменты времени: 6,12, 20,25 мин. Построить план и график развития пожара. $A=7$ м, предел огнестойкости дверей равен 0,2; линейная скорость распространения пламени составляет 1 м/мин.

30. **Задача.** Определить площадь пожара в помещении на заданные моменты времени: 7,14, 20,30 мин. Построить план и график развития пожара. $A=10$ м, предел огнестойкости дверей равен 0,1; линейная скорость распространения пламени составляет 1,2 м/мин.

Критерии оценивания

«Зачтено»

5 (отлично) – ответ правильный, логически выстроен, использована профессиональная лексика.

Задание выполнено правильно. Обучающийся правильно интерпретирует полученный результат.

4 (хорошо) – ответ в целом правильный, логически выстроен, использована профессиональная лексика. Ход решения правильный, ответ неверный. Обучающийся в целом правильно интерпретирует полученный результат.

3 (удовлетворительно) – ответ в основном правильный, логически выстроен, использована профессиональная лексика. Задание выполнено частично.

«Не зачтено»

2 (неудовлетворительно) – ответы на теоретическую часть неправильные или неполные. Задание невыполнено