Министерство образования и науки РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего профессионального образования

«Кубанский государственный технологический университет»

Кафедра безопасность жизнедеятельности

**ТЕОРИЯ ГОРЕНИЯ И ВЗРЫВА**

Методические указания по изучению

дисциплины

и выполнению контрольных работ

для студентов

направления 20.03.01 Техносферная безопасность

Краснодар

2015

Составитель: канд. техн. наук, доцент Бажина Т.П.

**Теория горения и взрыва:** методические указания по изучению дисциплины и выполнению контрольных работ для студентов направления 20.03.01 - Техносферная безопасность /Сост.: Т.П.Бажина; Кубан.гос.технол.ун-т. Каф. безопасности жизнедеятельности.- Краснодар, 2015.- с.33.

В методических указаниях изложены варианты контрольных заданий, темы практических занятий, лабораторных работ, вопросы к экзамену, приведены требования к оформлению контрольных работ, рекомендуемая литература.

Рецензенты:

канд. техн. наук, доцент Л.А.Пашинян

Руководитель направления

ОАО НИПИгазпереработка А.С.Калякин

#### Содержание

|  |  |
| --- | --- |
| Введение………………………………………………………...………...... | 4 |
| 1 Нормативные ссылки…………………………………………………….. | 4 |
| 2 Инструкция по работе с методическим пособием……………...……… | 4 |
| 3 Программа дисциплины…………………………………………………. | 4 |
| 4 Контрольная работа………...…………………………..……………….. | 11 |
| 4.1 Расчет количества воздуха, необходимого для горения вещества……………………………………………………………………. | 11 |
| 4.2 Расчет объема и состава продуктов горения……………………. | 13 |
| 4.3 Расчет теплоты сгорания веществ…………………………......... | 15 |
| 4.4 Расчет температуры горения…………………………………….. | 16 |
| 4.5 Расчет концентрационных пределов воспламенения……......... | 17 |
| 4.6 Расчет температурных пределов воспламенения……….……… | 19 |
| 4.7Расчет температур вспышки и воспламенения……………......... | 19 |
| 4.8 Расчет стандартной температуры самовоспламенения….…….. | 21 |
| 4.9 Расчет потенциала горючести…………………………………… | 21 |
| 5 Задания на контрольные работы ………………………………….……. | 22 |
| 5.1 Вопросы для теоретической части контрольной работы………. | 22 |
| 5.2 Задачи для контрольной работы…………………………………. | 23 |
| 6 Содержание и оформление контрольных работ……….……………… | 29 |
| 7 Темы практических занятий ………………..………………………....... | 30 |
| 8 Темы лабораторных работ …………..………………………………….. | 31 |
| 9 Вопросы для подготовки к экзамену…………………………………… | 31 |
| 10 Список рекомендуемой литературы……………..……………………. | 32 |

###### Введение

Изучение дисциплины "Теория горения и взрыва" дает возможность овладеть знаниями пожарной опасности веществ и материалов, методами расчетов параметров пожарной опасности, необходимыми для более углубленного понимания закономерностей процессов воспламенения, распространения горения и его прекращения.

Знание механизмов физико-химических процессов, количественных и качественных превращений материальных сред, различных переходов и высвобождения энергии в процессах горения и взрыва дает возможность студентам более глубоко изучать другие дисциплины, связанные с производственной и пожарной безопасностью, а также применять эти знания в практической деятельности будущих инженеров различных областей промышленности.

**1 Нормативные ссылки**

1. ССБТ ГОСТ 12.1.044-89. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения.- М., изд-во стандартов, 1990.- 143 с.- 45000 экз.
2. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. N 123-ФЗ  
   "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности"

3. НПБ 105-2003. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.

4. СНиП 21-01-97. Пожарная безопасность зданий и сооружений. Введ. 21.01.98.- М.: Госстрой России, 1997.-15 с.

#### 2 Инструкция по работе с учебно – методическим пособием

В разделе 3 "Программа дисциплины" приведены темы и указывается, что нужно знать студентам в пределах каждой темы.

В конце каждой темы приводятся вопросы для самопроверки и ссылки из списка рекомендуемой литературы с указанием страниц источников, в которых излагается данный материал.

***Пример***

Литература: [2, с. 3-9], [4, с.143-162],

где 2 и 4 – порядковые номера литературных источников из списка рекомендуемой литературы.

Основной материал изучается слушателем самостоятельно.

В разделе 4, 5 и 6 приводятся требования к выполнению, содержание задания на выполнение контрольной работы и требования к ее оформлению.

В разделе 7 приводятся темы лабораторных и практических занятий, которые будут проводиться в период лабораторно-экзаменационной сессии, и указывается литература для подготовки. Отчетом по выполнению практических работ служит решение задач по теме занятия и правильность полученного результата.

В разделе 8 приводятся вопросы для подготовки к экзамену. Экзамен проводится традиционным методом в ходе экзаменационной сессии.

**3 Программа дисциплины**

***Тема 1. Горение вещества***

Процесс горения. Условия возникновения горения. Сгорание веществ. Диффузионное и кинетическое горение. Горючие системы. Диффузионное пламя. Строение ламинарного диффузионного пламени. Расход воздуха на горение. Продукты сгорания. Дым. Теплота сгорания. Температура горения. Оценка пожарной опасности веществ и материалов.

*Вопросы для самопроверки:*

1. *Какие необходимы условия для возникновения горения ?*
2. *Что является признаком неполного сгорания веществ ?*
3. *Какое горение называют диффузионным ?*
4. *Какое горение называют кинетическим ?*
5. *Какова схема строения ламинарного диффузионного пламени ?*
6. *Что называется теоретически необходимым количеством воздуха для сгорания вещества?*
7. *Что называют продуктами сгорания ?*
8. *Что представляет собой дым ?*
9. *Что называется высшей и низшей теплотой сгорания ?*
10. *Что называют калориметрической температурой горения ?*
11. *Каковы основные показатели пожарной опасности веществ и материалов ?*

***Тема 2. Самовоспламенение и возгорание***

Кинетика химических реакций. Влияние концентрации, температуры, катализаторов. Превращение горючих веществ при нагревании. Теория окисления горючих веществ. Теория самовоспламенения. Температура самовоспламенения. Процесс возгорания и воспламенения.

*Вопросы для самопроверки:*

1. *Какие условия влияют на скорость химической реакции горения ?*
2. *Какова последовательность процесса, протекающего при горении различных по агрегатному состоянию веществ ?*
3. *Изложите современное представление о механизме процесса цепной реакции окисления.*
4. *Что является причиной теплового и цепного самовоспламенения ?*
5. *Что называется температурой самовоспламенения ?*
6. *Как подразделяют вещества в зависимости от температуры самовоспламенения ?*
7. *Что такое период индукции ?*
8. *Какие технические решения разработаны для предотвращения самовоспламенения смесей, находящихся в сосудах ?*
9. *Каковы методы определения температуры самовоспламенения ?*
10. *Что называется возгоранием ?*

***Тема 3. Склонность веществ к самовозгоранию***

Температура самонагревания. Тепловое самонагревание. Масла и жиры, другие неорганические и органические вещества. Определение способности веществ к самовозгоранию. Микробиологическое самовозгорание. Химическое самовозгорание. Вещества, самовозгорающиеся при контакте с водой. Вещества, самовозгорающиеся при контакте с окислителями.

*Вопросы для самопроверки:*

1. *Что называется температурой самонагревания ?*
2. *Какие различают виды самовозгорания ?*
3. *Каковы причины самовозгорания масел и жиров ?*
4. *Каковы причины микробиологического самовозгорания ?*
5. *Как возникает химическое возгорание ?*
6. *Назовите вещества самовозгорающиеся при контакте с водой.*
7. *Какие известны вещества, самовозгорающиеся при контакте с окислителями?*

***Тема 4. Горение смесей газов и паров с воздухом***

Теория горения газовых смесей. Давление при взрыве. Концентрационные пределы воспламенения. Мощность источника зажигания. Турбулентность. Примеси негорючих паров и газов. Температура смеси. Давление смеси. Методы определения концентрационных пределов воспламенения.

*Вопросы для самопроверки:*

1. *В чем сущность горения газовых смесей ?*
2. *Что называется нижним концентрационным пределом ?*
3. *Что называется областью воспламенения ?*
4. *Что называется верхним концентрационным пределом ?*
5. *Что такое минимальное взрывоопасное содержание кислорода ?*
6. *В чем сущность метода определения концентрационных пределов распространения пламени по газо- и паровоздушным смесям ?*

***Тема 5. Горение жидкостей***

Испарение жидкостей. Насыщенный пар. Температурные пределы воспламенения. Температура вспышки. Процесс горения жидкостей. Скорость выгорания. Скорость горения жидкостей. Прогрев жидкостей при горении. Вскипание. Выброс.

*Вопросы для самопроверки:*

1. *От чего зависит скорость испарения жидкости ?*
2. *Что называется нижним температурным пределом воспламенения ?*
3. *Что называется температурой вспышки ?*
4. *Изложите сущность метода определения температурных пределов воспламенения жидкости ?*
5. *Как происходит горение жидкостей ?*
6. *Что называется массовой скоростью горения жидкости ?*
7. *Что называется линейной скоростью горения ?*
8. *Что представляет собой процессы вскипания и выброса жидкости ?*

***Тема 6. Горение пылевоздушных смесей***

Свойства, определяющие пожароопасность пылей. Дисперсность. Химическая активность. Адсобрционная способность. Склонность пыли к электизации. Теория горения аэровзвесей. Пределы воспламенения аэровзвесей. Мощность источника зажигания. Влажность пыли и воздуха. Зольность пыли. Дисперсность пыли. Состав воздуха.

*Вопросы для самопроверки:*

1. *Что такое пыль ?*
2. *Что называется дисперсностью ?*
3. *От чего зависит химическая активность пыли ?*
4. *В чем опасность электризации пыли ?*
5. *В чем особенность теории горения аэровзвесей ?*
6. *Что называется нижним концентрационным пределом воспламенения аэровзвесей ?*
7. *От чего зависит нижний концентрационный предел воспламенения аэровзвесей ?*
8. *Как разделяют пыли по величине нижнего концентрационного предела аэровзвесей ?*

***Тема 7. Горение твердых веществ***

Состав и свойства твердых горючих веществ. Горение древесины. Горение металлов.

*Вопросы для самопроверки:*

1. *Назовите особенности состава и свойств твердых веществ при горении.*
2. *Что называется распространением горения ?*
3. *Какие факторы влияют на величину скорости распространения горения ?*
4. *Каковы особенности горения древесины ?*
5. *В чем отличие горения металлов от других веществ ?*

***Тема 8. Теория химического строения А.М.Бутлерова и классификация органических веществ***

Теория химического строения А.М.Бутлерова. Изомерия. Классификация органических веществ.

*Вопросы для самопроверки:*

1. *Какие виды изомерии существуют ?*
2. *Назовите основные классы органических соединений.*
3. *Какие изменения пожароопасных свойств наблюдаются в гомологическом ряду ?*

***Тема 9. Свойства и пожарная опасность углеводородов***

Предельные углеводороды. Непредельные углеводороды. Ароматические углеводороды. Нефть и нефтепродукты.

*Вопросы для самопроверки:*

1. *Охарактеризуйте физические и химические свойства метана.*
2. *Как получают и где применяется метан ?*
3. *Охарактеризуйте физические и химические свойства этилена.*
4. *Как получают и где применяется этилен ?*
5. *Охарактеризуйте физические и химические свойства ацетилена.*
6. *Как получают и где применяется ацетилен ?*
7. *Охарактеризуйте физические и химические свойства бензола.*
8. *Охарактеризуйте физические и химические свойства стирола.*
9. *Охарактеризуйте физические и химические свойства нефти.*

***Тема 10. Свойства и пожарная опасность органических соединений, содержащих кислород и азот***

Спирты и простые эфиры. Альдегиды и кетоны. Сложные эфиры карбоновых кислот. Нитросоединения. Сложные эфиры азотной кислоты. Аминосоединения.

*Вопросы для самопроверки:*

1. *Охарактеризуйте физические и химические свойства метанола.*
2. *Охарактеризуйте физические и химические свойства глицерина.*
3. *Охарактеризуйте физические и химические свойства диэтилового эфира.*
4. *Охарактеризуйте физические и химические свойства уксусного альдегида.*
5. *Как получают и где применяется уксусный альдегид?*
6. *Охарактеризуйте физические и химические свойства ацетона ?*
7. *Где применяется ацетон ?*
8. *Охарактеризуйте физические и химические свойства уксусной кислоты ?*
9. *Охарактеризуйте физические и химические свойства этилацетата ?*
10. *Охарактеризуйте физические и химические свойства масел и жиров?*
11. *Охарактеризуйте физические и химические свойства нитробензола?*
12. *Охарактеризуйте физические и химические свойства тринитротолуола?*
13. *Как получают и где применяются нитробензол и тринитротолуол?*
14. *Охарактеризуйте физические и химические свойства нитроглицерина ?*
15. *Охарактеризуйте физические и химические свойства нитроклетчатки ?*
16. *Как получают и где применяется нитроклетчатка?*
17. *Охарактеризуйте физические и химические свойства целлулоида ?*
18. *Охарактеризуйте физические и химические свойства аминов?*

***Тема 11. Свойства и пожарная опасность элементорганических соединений***

Кремнийорганические соединения. Металлоорганические соединения. Фосфорорганические соединения.

*Вопросы для самопроверки:*

1. *Что называется кремнийорганическими соединениями ?*
2. *Как классифицируют кремнийорганические соединения ?*
3. *Что представляют собой металлоорганические соединения ?*
4. *Как классифицируют металлоорганические соединения ?*
5. *Как классифицируют фосфорорганические соединения ?*
6. *Каковы пожарные свойства фосфорорганических соединений ?*

***Тема 12. Свойства и пожарная опасность полимеров***

Синтетические полимеры. Пластические массы. Синтетические волокна. Натуральные и синтетический каучук.

*Вопросы для самопроверки:*

1. *Что представляют собой синтетические полимеры ?*
2. *Что называется пластическими массами ?*
3. *Что такое пластификаторы, стабилизаторы и отвердители ?*
4. *Что представляют собой пластмассы на основе полиэтилена ?*
5. *Что представляют собой пластмассы на основе полистирола ?*
6. *Охарактеризуйте пластические массы на основе фенолформальдегидных полимеров ?*
7. *Как получают и какими свойствами обладает капрон ?*
8. *Как получают и какими свойствами обладает лавсан ?*
9. *Чем отличается натуральный каучук от синтетического ?*

***Тема 13. Свойства и пожарная опасность веществ, применяемых в сельском хозяйстве***

Классификация веществ, применяемых в сельском хозяйстве. Пестициды. Удобрения.

*Вопросы для самопроверки:*

1. *Как разделяют вещества, применяемые в сельском хозяйстве, по степени пожарной опасности ?*
2. *Охарактеризуйте пожароопасные свойства пестицидов ?*
3. *Как классифицируют минеральные удобрения ?*
4. *Охарактеризуйте пожароопасные свойства аммиачной селитры?*
5. *Охарактеризуйте пожароопасные свойства калиевой селитры?*
6. *Охарактеризуйте пожароопасные свойства мочевины?*

**4 Контрольная работа**

При выполнении контрольной работы по теории горения и взрыва студенты изучают ряд параметров пожарной опасности веществ и материалов: адиабатические температуры горения, температуры вспышки и воспламенения, температурные и концентрационные пределы воспла-менения, минимальные флегматизирующие концентрации инертных газов и химически активных ингибиторов, стандартные температуры само-воспламенения и т.п. Одновременно студенты научатся пользоваться нормативными документами и справочными материалами, с тем, чтобы уметь в дальнейшем правильно подобрать материал при курсовом и дипломном проектировании.

**4.1 Расчет количества воздуха, необходимого для горения вещества**

Для практических расчетов принимают, что воздух состоит из 21 % кислорода и 79 % азота. Таким образом, объемное соотношение азота и кислорода в воздухе составит:

, (1)

где ,  - соответственно (% об.) содержание азота и кислорода в окислительной среде.

Следовательно, но 1 м3 (кмоль) кислорода в воздухе приходится 3,76 м3 (кмоль) азота.

Весовое соотношение азота и кислорода в воздухе можно определить, исходя из соотношения:

, (2)

где М, М - молекулярные массы соответственно кислорода и азота.

Для удобства расчетов горючие вещества разделяют на три типа: индивидуальные химические соединения (метан, уксусная кислота и т.п.), вещества сложного состава (древесина, торф, нефть и т.п.), смесь газов (генераторный газ и т.п.) (табл. 1).

Таблица 1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Тип горючего вещества | Расчетная формула | Размерность |
| Индивидуальное  вещество | =  = | м3, |
| Вещества сложного  состава |  |  |
| Cмесь газов |  | , |

*V*- теоретическое количество воздуха,

*nг , n, n* - количество горючего, кислорода и азота, получаемые из уравнения химической реакции горения, кмоль,

*М* – молекулярная масса горючего,

*Vo* – объем 1 кмоля газа при нормальных условиях 22,4 (м3),

*С, Н, S, O* – весовое содержание соответствующих элементов в составе горючего, %,

- концентрация i-го горючего компонента, % об.,

- концентрация кислорода в составе горючего газа, % об.,

*n*- количество кислорода, необходимое для окисления одного i-го кмоля горючего компонента, кмоль.

Для определения объема воздуха при горении в условиях, отличных от нормальных, пользуются следствием из уравнения состояния идеальных газов:

, (3)

где  *Р0* – нормальное давление, Па,

*Т0  -* нормальная температура, К,

*V0 -*  объем воздуха при нормальных условиях,

*Р1*, *V1*, *Т1 –* соответственно давление, объем и температура воздуха, характеризующие заданные условия горения.

Практическое количество воздуха *Vв* – объем воздуха, фактически поступивший в зону горения.

Отношение практического объема воздуха к теоретическому называется коэффициентом избытка воздуха :

. (4)

Разность между практическим и теоретическим объемами воздуха называется избытком воздуха :

=. (5)

Из этого следует, что:

. (6)

Если известно содержание кислорода в продуктах горения, то коэффициент избытка воздуха определяется по формуле:

, (7)

где - концентрация кислорода в продуктах горения, % об.

 - теоретический объем продуктов горения,

Для веществ, у которых объем продуктов горения равен объему израсходованного воздуха(например, горение серы, углерода) эта формула упрощается:

. (8)

Если содержание кислорода в окислительной среде отличается от содержания его в воздухе, то  можно найти:

 (9)

и соответственно:

, (10)

где  - содержание кислорода в окислительной среде, % об.

**4.2 Расчет объема и состава продуктов горения**

С целью упрощения расчета все горючие вещества разделены на три типа: индивидуальные, сложные, смеси горючих газов.

Таблица 2

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Тип горючего вещества | Расчетная формула | Размерность |
| Индивидуальное  вещество |  | , |
| Вещества сложного  состава |  |  |
| Cмесь газов |  |  |

где  - теоретический объем продуктов горения,

- количество *i*-го продукта горения в уравнении реакции, кмоль,

 - количество горючего, кмоль,

 - объем 1 моль газа,

*М* - молекулярная масса горючего,

**- объем *i*-го продукта реакции,

*С, Н, S, O, N*  - содержание соответствующих элементов (углерода, водорода, серы, кислорода и азота) в горючем веществе, % вес.,

** - содержание *j*-го горючего компонента в газовой смеси, % об.,

 - содержание *i*-го негорючего компонента в составе газовой смеси, % об.,

*W* - влажность вещества, %.

Практический (полный) объем продуктов горения состоит из теоретического объема продуктов горения и избытка воздуха:

 или  (11)

Состав продуктов горения, т.е. содержание *i*-го компонента, определяется по формуле:

, (12)

где  - содержание *i*-го компонента в продуктах горения, % об.,

 - объем *i*-го компонента, м3, кмоль,

- полный объем продуктов горения, м3, кмоль.

При горении в избытке воздуха в продуктах горения содержится кислород и азот:

, (13)

, (14)

где  - теоретический объем азота в продуктах горения, м3, кмоль,

 (15)

**4.3 Расчет теплоты сгорания веществ**

При расчетах теплового баланса при пожаре определяют низшую теплоту сгорания:

, (16)

где *QВ* – высшая теплота сгорания,

*QН –* низшая теплота сгорания,

*QИС -* теплота испарения воды, выделяющаяся при сгорании вещества.

Таблица 3

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Тип горючего вещества | Расчетная формула | Размерность |
| Индивидуальное  вещество |  | кДж/моль |
| Вещества сложного  состава  (формула Д.И.Менделеева) |  | кДж/кг |
| Cмесь газов |  | кДж/моль,  кДж/м3 |

где  - соответственно теплоты образования одного кмоля *i*-го конечного продукта горения и *j*-го исходного вещества,

 - соответственно количество кмолей *i*-го продукта реакции и *j*-го исходного вещества в уравнении реакции горения,

*С, Н, S, W* – соответственно содержание, % вес углерода, водорода, серы и влаги в составе вещества,

*О* – сумма кислорода и азота, % вес,

- низшая теплота сгорания *i*-го горючего компонента газовой смеси, кДж/кмоль, кДж/м3,

 - содержание *i*-го горючего компонента в газовой смеси, % об.

Расчет теплоты сгорания газовоздушных смесей проводят по формуле:

, (17)

где - теплота сгорания газовоздушной смеси, кДж/м3, кДж/кмоль,

 - низшая теплота сгорания горючего вещества, кДж/м3, кДж/кмоль,

 - концентрация горючего в смеси, % об.

Удельная скорость тепловыделения при горении:

, (18)

где *q* – удельная интенсивность тепловыделения, кВт/м3,

*m* – массовая скорость выгорания, кг/(м2с).

Скорость тепловыделения при горении:

, (19)

где *Q*  - интенсивность тепловыделения, кВт,

*F*  - площадь горения, м2.

**4.4 Расчет температуры горения**

Температура горения определяется из уравнения теплового баланса:

. (20)

При этом адиабатическая температура горения:

, (21)

а действительная температура горения:

, (22)

где *Т\*Г, ТГ* - соответственно адиабатическая и действительная температуры горения,

*ТО* – начальная температура,

*СРВ, СРi* - соответственно теплоемкости воздуха и *i*-го продукта горения,

*VПГi* - объем *i*-го продукта горения,

 - избыток воздуха,

 - низшая теплота горения вещества,

- теплота, пошедшая на нагрев продуктов горения.

При этом

, (23)

где - доля теплопотерь в результате излучения энергии, химического и механического недожога.

Действительная температура горения при пожаре для большинства газообразных, жидких и твердых веществ изменяется в достаточно узких пределах 1300-1800 К.

В связи с этим расчет действительной температуры горения может быть значительно упрощен, если теплоемкость продуктов горения выбирать при температуре 1500 К:

 (24)

где *С\*Р* – темлоемкость *i*-го продукта горения при 1500 К (таб.)

Таблица 4

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вещество | Теплоемкость | |
| кДж/(м3·К) | кДж/(моль·К) |
| Двуокись углерода | 2,27 | 5,085·10-2 |
| Двуокись серы | 2,28 | 5,107·10-2 |
| Вода (пар) | 1,78 | 3,987·10-2 |
| Азот | 1,42 | 3,181·10-2 |
| Воздух | 1,44 | 3,226·10-2 |

**4.5 Расчет концентрационных пределов воспламенения**

Нижний концентрационный предел воспламенения (НКПВ) определяют по предельной теплоте сгорания. Установлено, что 1 м3 газовоздушной смеси на НКПВ выделяет при горении приблизительно постоянное количество тепла – 1830 кДж, вызываемое предельной теплотой горения. Следовательно,

, (25)

где *QПР* - предельная теплота сгорания 1830 кДж/м3,

*QH* - низшая теплота сгорания горючего вещества, кДж/м3.

Нижний и верхний концентрационные пределы могут быть определены по формуле:

, (26)

где *n* – стехиометрический коэффициент при кислороде в уравнении химической реакции,

*а* и *b* – эмпирические константы, значения которых приведены в табл.5

Таблица 5

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Концентрационные пределы воспламенения | Значения коэффициентов | |
| *а* | *b* |
| Нижний предел | 8,684 | 4,679 |
| Верхний предел | 1,550  0,768 | 0,560  6,554 |

Концентрационные пределы воспламенения паров жидких и твердых веществ могут быть рассчитаны, если известны температурные пределы:

, (27)

где *РН(В)* – давление насыщенного пара вещества при температуре, соответствующей нижнему (верхнему) пределу воспламенения, Па (табл.4 прил.),

*Ро* – давление окружающей среды, Па.

Для расчета концентрационных пределов воспламенения смесей горючих газов используют правило Ле-Шателье:

, (28)

где - нижний (верхний) концентрационный предел воспламенения, % об.,

- нижний (верхний) концентрационный предел воспламенения, % об.,

 - мольная доля *i*-го горючего газа в смеси.

Следует иметь в виду, что , т.е. концентрация горючих компонентов газовой смеси принимается за 100 %.

Если известны концентрационные пределы воспламенения при температуре *Т1*, то при температуре *Т2* они вычисляются по формуле:

, (29)

, (30)

где  - нижний концентрационный предел воспламенения соответственно при температурах *Т1* и *Т2*,

 - верхний концентрационный предел воспламенения соответственно при температурах *Т1* и *Т2*,

*ТГ* – температура горения смеси (приближенно при определении НКПВ *ТГ* принимают 1550 К, при определении ВКПВ – 1100 К.

При разбавлении газовоздушной смеси инертными газами (N2, CO2, пары H2O и т.п.) область воспламенения сужается: верхний предел уменьшается, а нижний – возрастает. Концентрация инертного газа (флегматизатора), при которой нижний и верхний пределы воспламенения смыкаются, называется минимальной флегматизирующей концентрацией. Содержание кислорода в такой системе называют минимальным взрывоопасным содержанием кислорода  (МВСК). Некоторое содержание кислорода нижет МВСК называют безопасным . Расчет указанных параметров проводят по формулам:

; (31)

; (32)

, (33)

где - стандартная теплота образования горючего, Дж/моль,

- константы, зависящие от элемента в молекуле горючего и вида фдегматизатора,

*mi* – количество *i-*го элемента (структурной группы) в молекуле горючего.

**4.6 Расчет температурных пределов воспламенения**

Температурные пределы воспламенения жидкостей рассчитывают по температуре кипения:

, (34)

где *tH(B)* – нижний (верхний) температурный предел воспламенения,

*tКИП* – температура кипения, оС,

*К, l*  *-* константы для определения групп (гомологических рядов) жидкостей.

Температурные пределы воспламенения могут быть определены по известным значениям концентрационных пределов:

, (35)

где *РН(В)* – давление насыщенного пара, соответствующее нижнему (верхнему) концентрационному пределу воспламенения,

- нижний (верхний) концентрационный предел воспламенения,

*РО* – атмосферное давление.

* 1. **Расчет температур вспышки и воспламенения**

Наиболее распространенным и достаточно точным является расчет температур вспышки и воспламенения по формуле (Блинова В.И.):

, (36)

где *ТВС(ВП)* – температура вспышки (воспламенения)

*РНП* - давление насыщенного пара при температуре вспышки (воспламенения),

*Do* – коэффициент диффузии паров горючего в воздухе,

*n –* стехиометрический коэффициент при кислороде – количество молей кислорода, необходимое для полного окисления (до СО2, Н2О, SО2) одного моля горючего вещества,

*А* - константа метода определения выбирается из табл.6

Таблица 6

|  |  |
| --- | --- |
| Температура вспышки или воспламенения | Значение параметра *А*, м2К ГПа с-1102 |
| Температура вспышки в закрытом тигле | 28,0 |
| Температура вспышки в открытом тигле | 45,3 |
| Температура воспламенения | 53,3 |

При отсутствии данных по коэффициенту диффузии, последний определяют по формуле Элея:

, (37)

*DO* – коэффициент диффузии, м2/с,

 - атомные (элементные) составляющие.

Значение  зависит т числа атомов углерода и их положения в молекуле горючего:

1) = 25 – для атомов углерода, входящих в ароматический цикл,

2) = 25 + 3 С – для атомов углерода в открытой цепи, если их количество меньше или равно восьми (С 8),

3) = 50 – для атомов углерода в открытой цепи при С > 8,

4) = 25 + 2 С – для атомов углерода, входящих в неароматический цикл при С  8,

5) = 42 – для атомов углерода, входящих в неароматический цикл, если С > 8.

Простым, но менее точным является расчет температуры вспышки в закрытом тигле по формуле:

, (38)

где *tBC* – температура вспышки, оС,

*tКИП* – температура кипения, оС,

*К* – коэффициент, определяемый по формуле:

, (39)

где *mC, mH, mS, mN, mO, mCl, mF, mBr* – количество элементов углерода, водорода, серы, азота, кислорода, хлора, брома в молекуле горючего вещества.

Температура вспышки в закрытом тигле может быть определена по нижнему температурному пределу воспламенения:

. (40)

Эта формула применима, если .

**4.8 Расчет стандартной температуры самовоспламенения**

Расчет температуры самовоспламенения проводят в следующей последовательности.

Определяют количество углеродных цепей:

, (41)

где *m* – общее число молей,

*МР* – количество функциональных групп в молекуле горючего вещества – СН3, –ОН, фенил. Фенильная группа может быть как концевой, так и в середине цепи.

Определяют длину каждой цепи (количество атомов углерода) и среднюю длину цепи:

, (42)

где *сi –* количество атомов углерода в *i-*й цепи.

При определении *сi* надо иметь в виду, что группа ОН удлиняет цепь, а фенильная группа уменьшает ее на один атом углерода.

По справочным таблицам по средней длине цепи определяют температуру самовоспламенения. Температуру самовоспламенения можно рассчитать по формулам:

при *lСР* , (43)

 при *lСР* . (44)

* 1. **Расчет потенциала горючести**

Потенциал горючести представляет собой избыточную (со знаком минус) или недостаточную (со знаком плюс) энергию, заключенную в горючей системе, по сравнению с энергией, необходимой для протекания горения смеси в данных условиях.

Потенциал горючести, отнесенный к некоторым условиям горения, называют приведенным потенциалом горючести. Из определения следует, если:  *ПГ* < 0 – смесь горючая,

 *ПГ* > 0 – смесь негорючая,

 *ПГ* = 0 – смесь предельна по горючести.

Для многокомпонентных смесей:

, (45)

где - потенциал горючести смеси газов и паров, кДж/моль,

 - потенциал горючести *i*-го компонента смеси, кДж/моль,

 - мольная доля *i*-го компонента смеси.

1. **Задания на контрольную работу**
   1. **Вопросы для теоретической части контрольной работы**

1. Диффузионное и кинетическое горение. Диффузионное пламя.

2. Расход воздуха на горение. Продукты сгорания. Дым.

3. Теплота сгорания. Температура горения.

4. Оценка пожарной опасности веществ и материалов.

5. Кинетика химических реакций.

6. Превращение горючих веществ при нагревании.

7. Теория окисления горючих веществ.

8. Теория самовоспламенения.

9. Температура самовоспламенения.

10. Температура самовоспламенения.

11. Тепловое самовозгорание. Микробиологическое самовозгорание.

12. Химическое самовозгорание.

13. Теория горения газовых смесей.

14. Концентрационные пределы воспламенения.

15. Методы определения концентрационных пределов воспламенения.

16. Испарение жидкостей. Насыщенный пар.

17. Температурные пределы воспламенения. Температура вспышки.

18. Процесс горения жидкостей. Скорость выгорания.

19. Прогрев жидкостей при горении. Скорость выгорания.

20. Свойства, определяющие взрывоопасность пылей.

21. Теория горения аэровзвесей. Пределы воспламенения аэровзвесей.

22. Состав и свойства твердых горючих веществ.

23. Горение древесины.

24. Горение металлов.

25. Теория химического строения А.М.Бутлерова. Изомерия. Классификация органических веществ.

26. Свойства и пожарная опасность предельных и непредельных углеводородов.

27. Свойства и пожарная опасность ароматических углеводородов.

28. Свойства и пожарная опасность нефти и нефтепродуктов.

29. Свойства и пожарная опасность спиртов и простых эфиров.

30. Свойства и пожарная опасность альдегидов и кетонов.

31. Свойства и пожарная опасность карбоновых кислот, сложных эфиров карбоновых кислот.

32. Свойства и пожарная опасность нитросоединений, сложных эфиров азотной кислоты.

33. Свойства и пожарная опасность аминосоединений.

34. Свойства и пожарная опасность кремнийорганических соединений.

35. Свойства и пожарная опасность металлоорганических соединений.

36. Свойства и пожарная опасность фосфорорганических соединений.

37.синтетических полимеров, способы их получения.

38. Свойства и пожарная опасность пластических масс и синтетических волокон.

39. Свойства и пожарная опасность натурального и синтетического каучуков.

40. Свойства и пожарная опасность пестицидов и удобрений.

**5.2 Задачи для контрольной работы**

Задача 1. Определить теоретическое количество воздуха, необхо-димого для горения 1м3 газа при нормальных условиях.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Предпоследняя цифра шифра | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 |
| Газ | метан | этан | пропан | бутан | пентан | метан | этан | пропан | бутан | пентан |

Задача 2. Определить объем теоретического количества воздуха, не-обходимого для горения 1 кг вещества.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Предпоследняя цифра шифра | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 |
| Вещест-во | бензол | Метило-вый  спирт | Ани-лин | Нитро-бензол | Эти-лен | Сера | Муравь-иная Кис-лота | Диме-тило-вый эфир | Алю-ми-ний | Глице-рин |

Задача 3. Определить объем воздуха, необходимого для горения 1 кг органической массы состава: С, Н, О, N, W (влажность), если коэффициент избытка воздуха , температура воздуха Т, давление Р.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Предпоследняя цифра шифра | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 |
| Показатель |
| С, % | 60 | 65 | 70 | 75 | 50 | 55 | 45 | 65 | 85 | 60 |
| Н, % | 5 | 7 | 6 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| О, % | 25 | 15 | 10 | 12 | 30 | 27 | 30 | 25 | 5 | 20 |
| N, % | 5 | 7 | 5 | 5 | 8 | 10 | 13 | 3 | 3 | 5 |
| W, % | 5 | 6 | 9 | 5 | 8 | 7 | 10 | 4 | 3 | 5 |
| , | 2,5 | 1,8 | 1,9 | 2,1 | 2,3 | 2,4 | 2,0 | 2,1 | 2,5 | 5 |
| T, K | 305 | 310 | 320 | 325 | 300 | 305 | 310 | 305 | 315 | 310 |
| P, ГПа | 995 | 990 | 999 | 995 | 998 | 995 | 990 | 995 | 999 | 995 |

Задача 4. Какое количество продуктов горения выделится при сгорании вещества объемом *V*, м3, если температура горения *Т*, К.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Предпоследняя цифра шифра | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 |
| Пока-затель |
| Вещество | Ацети-лен | Эти-лен | Пропи-лен | Бути-лен | Ацети-лен | Эти-лен | Пропи-лен | Бути-лен | Эти-лен | Пропи-лен |
| *V*, м3 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 3 | 3 |
| *Т*, К | 1450 | 1550 | 1250 | 1350 | 1550 | 1400 | 1300 | 1200 | 1500 | 1400 |

Задача 5. Определить объем продуктов горения при сгорании вещества, массой *m*, кг, если температура горения *Т*, К, давление *Р*, ГПа, коэффициент избытка воздуха .

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Предпоследняя цифра шифра | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 |
| Пока-затель |
| Вещест-во | Фе-нол | Диэти-ловый эфир | Уксус-ная кис-лота | Ани-лин | Нитро-бензол | Глице-рин | Нитро-толуол | Ди-нитро-бен-зол | Мура-вьиная кис-лота | Серо-  угле-род |
| *m*, кг | 1 | 1 | 5 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 20 |
| *Т*, К | 1200 | 1500 | 1200 | 1550 | 1800 | 1600 | 1340 | 1400 | 2600 | 1270 |
| *Р*, ГПа | 950 | 1014 | 1200 | 1550 | 1800 | 1600 | 1340 | 1650 | 2600 | 970 |
|  | 1,5 | 1,4 | 2,6 | 1,7 | 1,8 | 2,1 | 2,6 | 1,1 | 2,5 | 1,6 |

Задача 6. Определить объем продуктов горения при сгорании органической смеси состава: *С, О, Н, S, N, W,* %, массой *m,* кг,если температура горения *Т*, К, коэффициент избытка воздуха - .

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Предпоследняя цифра шифра | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 |
| Пока-  затель |
| *С*, % | 55 | 80 | 60 | 70 | 80 | 65 | 60 | 75 | 57 | 69 |
| *О*, % | 13 | 5 | 7 | 14 | 8 | 10 | 6 | 11 | 17 | 14 |
| *Н*, % | 5 | 5 | 21 | 6 | 6 | 15 | 12 | 9 | 15 | 5 |
| *S*, % | 7 | 3 | 2 | 3 | 2 | 2 | 5 | 1 | 3 | 2 |
| *N*, % | 3 | 2 | 5 | 3 | 1 | 3 | 8 | 2 | 4 | 3 |
| *W*, % | 17 | 5 | 5 | 4 | 3 | 5 | 9 | 2 | 4 | 7 |
| *T*, K | 1800 | 1270 | 1035 | 1013 | 1600 | 1550 | 1350 | 1500 | 1320 | 1018 |
|  | 1,6 | 2,1 | 1,7 | 1,8 | 1,9 | 2,6 | 2,5 | 1,4 | 1,5 | 2,0 |

Задача 7. Определить низшую теплоту сгорания вещества, если теплота образования его – *Qo*, кДж/моль.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Предпоследняя цифра шифра | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 |
| Вещество | этан | пропан | ацетон | пентан | гексан | уксус-ная  кислота | ацетон | глице-рин | спирт  этило-вый | бутан  (газ) |
| *Qo*, *кДж/моль* | 88,4 | 125,3 | 248,1 | 184,4 | 211,2 | 485,6 | 248,1 | 675,4 | 278,2 | 132,4 |

Задача 8. Рассчитать низшую теплоту сгорания органической массы состава: *С, Н, О, S, %* .

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Предпоследняя цифра шифра | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 |
| *С, %* | 62 | 63 | 60 | 64 | 59 | 61 | 67 | 65 | 68 | 65 |
| *Н, %* | 8 | 7 | 10 | 6 | 11 | 9 | 7 | 5 | 2 | 5 |
| *О, %* | 28 | 27 | 25 | 26 | 22 | 23 | 21 | 24 | 23 | 25 |
| *S, %* | 2 | 3 | 5 | 4 | 8 | 7 | 5 | 6 | 7 | 5 |

Задача 9. Определить интенсивность тепловыделения на пожаре органической массы, если скорость выгорания *m, кг/(м2·с)*, а площадь пожара *F, м2* .

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Предпоследняя цифра шифра | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 |
| *С, %* | 62 | 63 | 60 | 64 | 59 | 61 | 67 | 65 | 68 | 65 |
| *Н, %* | 8 | 7 | 10 | 6 | 11 | 9 | 7 | 5 | 2 | 5 |
| *О, %* | 28 | 27 | 25 | 26 | 22 | 23 | 21 | 24 | 23 | 25 |
| *S, %* | 2 | 3 | 5 | 4 | 8 | 7 | 5 | 6 | 7 | 5 |
| *m, кг/(м2·с)* | 0,015 | 0,016 | 0,013 | 0,018 | 0,012 | 0,014 | 0,015 | 0,013 | 0,016 | 0,014 |
| *F, м2* | 150 | 130 | 120 | 150 | 200 | 250 | 180 | 190 | 140 | 190 |

Задача 10. По предельной теплоте сгорания определить нижний концентрационный предел воспламенения горючего вещества в воздухе.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Предпоследняя цифра шифра | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 |
| Вещество | этан | уксус-ный  альде-гид | фенол | геп-тан | гексан | ани-лин | бутен | пропан | амми-ак | бутан |
| Низшая теплота сгорания, кДж/моль | 1562,0 | 1173,2 | 3067,1 | 4814,3 | 4150,6 | 3484,0 | 2723,9 | 2223,2 | 384,2 | 2882,3 |

Задача 11. Каково минимальное количество горючего вещества, кг, способное при испарении в емкости объемом 350 м3 создать взрывоопасную концентрацию.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Предпоследняя цифра шифра | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 |
| Вещество | диэти-ловый эфир | ацетон | уксус-ный  альде-гид | толуол | этило-вый спирт | мети-ловый спирт | этилен-гликоль | бензол | кислота уксусная | спирт изоами-ловый |
| НКПВ, % | 1,7 | 2,2 | 4,0 | 1,3 | 3,6 | 6,0 | 3,8 | 1,4 | 3,3 | 1,07 |

Задача 12. Определить, возможно ли образование взрывоопасной концентрации в объеме *V*, м3 при испарении *m* кг вещества, если температура окружающей среды *Т*, К.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Предпоследняя цифра шифра | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 |
| Вещество | аммиак | бутан | водород | ацетилен | метан | этан | пропан | этилен | бутилен | серо-водород |
| *V*, м3 | 50 | 60 | 45 | 30 | 65 | 55 | 40 | 50 | 60 | 20 |
| *m,* кг | 3 | 4 | 2 | 5 | 6 | 3 | 7 | 5 | 4 | 3 |
| *Т*, К | 300 | 310 | 305 | 290 | 320 | 315 | 330 | 305 | 320 | 310 |
| *НКПВ, %* | 15 | 1,9 | 4,0 | 2,0 | 5,0 | 2,9 | 2,1 | 3,0 | 1,6 | 4,3 |
| *ВКПВ, %* | 28,0 | 9,1 | 75,0 | 81,0 | 15,0 | 15,0 | 95,0 | 32,0 | 9,4 | 46,0 |

Задача 13. Определить температурный предел воспламенения (ТПВ) вещества, если его температура кипения *Т*, оС.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вари-  ант | Предпоследняя цифра шифра | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 |
| Ве-  щест-  во | мети-ловый  спирт | октан | 2-метил-бутанол | декан | 2,2,3-  триметил-  гексанол-3 | 2-метил-  про  панол-2 | 2,2-диме-тилпен-танол-1 | октан | 2,3-  диме-  тил-пентан | 3-  метил-пен-танол |
| *К*  при  НКПВ | 0,5746 | 0,6957 | 0,5746 | 0,6885 | 0,5746 | 0,5746 | 0,5746 | 0,6957 | 0,6885 | 0,5746 |
| *К*  при  ВКПВ | 0,6928 | 0,7874 | 0,6928 | 0,7900 | 0,6928 | 0,6928 | 0,6928 | 0,7874 | 0,7900 | 0,6928 |
| *l*  при  НКПВ | 33,7 | 73,8 | 33,7 | 74,9 | 33,7 | 33,7 | 33,7 | 73,8 | 74,9 | 33,7 |
| *l*  при  ВКПВ | 16,0 | 50,3 | 16,0 | 52,2 | 16,0 | 16,0 | 16,0 | 50,3 | 52,2 | 16,0 |
| *Т*, оС | 65 | 200 | 127 | 174 | 170 | 167 | 114 | 200 | 90 | 123 |

Задача 14. Определить температурные пределы воспламенения вещества, если известны его концентрационные пределы в воздухе *НКПВ* и *ВКПК*  при нормальном атмосферном давлении.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Предпоследняя цифра шифра | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 |
| Вещество | ацетон | альде-гид  уксус-ный | бензол | спирт мети-ловый | эфир диэти-ловый | толуол | стирол | спирт  эти-ловый | эфир уксусно-изоами-ловый | спирт этило-вый |
| *НКПВ* | 2,2 | 4,0 | 1,4 | 6,0 | 1,7 | 1,3 | 1,08 | 3,6 | 0,2 | 3,6 |
| *ВКПК* | 13,0 | 55,0 | 7,1 | 34,7 | 49 | 6,7 | 5,2 | 19,0 | 4,35 | 19,0 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Давление насыщенных паров некоторых веществ, ГПа | | | | | | | | |
| Вещество | 1,3 | 13,3 | 26,7 | 53,3 | 80,0 | 133,3 | 266.6 | 533,3 | 1013,25 |
|  | Температура, К | | | | | | | | |
| Ацетон | 213,6 | 241,9 | 252,2 | 263,6 | 271,0 | 280,7 | 295,7 | 312,5 | 329,5 |
| Альдегид уксусный | 191,5 | 216,2 | 225,2 | 235,2 | 241,6 | 250,4 | 263,0 | 277,9 | 293,3 |
| Бензол | 236,3 | 261,5 | 270,4 | 280,6 | 288,4 | 299,1 | 315,2 | 333,6 | 353,1 |
| Спирт бензиловый | 331,0 | 365,6 | 378,8 | 392,8 | 402,3 | 414,7 | 433,0 | 456,0 | 477,7 |
| Спирт метиловый | 229,0 | 256,8 | 267,0 | 278,0 | 285,1 | 294.2 | 307,8 | 322,9 | 337,7 |
| Спирт этиловый | 241,7 | 270,7 | 281,0 | 292,0 | 299,0 | 307,9 | 321,4 | 336,5 | 351,4 |
| Толуол | 246,3 | 279,4 | 291,4 | 304,8 | 313,3 | 324,9 | 342,5 | 362,5 | 383,6 |
| Эфир диэтиловый | 198,7 | 224,9 | 234,5 | 245,2 | 251,2 | 261,5 | 275,2 | 290,9 | 307,6 |
| Стирол | 266,0 | 303,8 | 317,6 | 332,8 | 342,5 | 355,0 | 374,3 | 395,5 | 418,2 |

Задача 15. Определить температуру воспламенения вещества по формуле Блинова В.И.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Предпоследняя цифра шифра | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 |
| Вещество | Бути-ловый спирт | Аце-тон | Окись  эти-лена | Серо-  угле-род | Толуол | Этил-  бензол | Октан | Бро-мис-тый бен-зол | Уксус-ноэти-  ловый  эфир | Пропи-ловый  спирт |

Задача 16. Рассчитать температуру вспышки вещества в закрытом тигле.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Предпоследняя цифра шифра | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 |
| Вещест-во | мети-ловый  спирт | уксус-  ный альде-гид | 2-ме-тил-бутан | уксус-нопро-  пило-вый  эфир | изо-  бутило-  вый  спирт | аце-тон | ами-  ловый  спирт | бензол | толу-ол | сти-рол |

Задача 17. Рассчитать температуру вспышки вещества в открытом тигле.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Предпоследняя цифра шифра | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 |
| Вещест-во | про-пил-бен-зол | этил-  бен-зол | ами-ловый  спирт | бутил-  бен-зол | этило-вый спирт | мети-ловый  спирт | аце-тон | толу-ол | сти-рол | уксус-номе-тило-вый  эфир |

Задача 18. Рассчитать температуру самовоспламенения вещества. Сравнить значение со справочными данными *Тс, К*  и определить относительную ошибку расчета.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Предпоследняя цифра шифра | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 |
| Ве-щест-  во | 2,2-ди-метил-  гексан | изопро-пило-вый  спирт | 1-ме-тил-4-этил-бензол | ани-лин | сти-  рол | спирт  изо-  бути-ловый | спирт  эти-  ловый | кис-  лота  уксус-  ная | эфир  диэти-  ловый | толу-ол |
| Табл.  *Тс, К* | 643 | 693 | 712 | 835 | 803 | 828 | 677 | 727 | 437 | 809 |

Задача 19. Определить, является ли горючей смесь содержащая *A %* окиси углерода, *B %* метана, *C %* двуокиси углерода, *D %* паров 1, 2-дибромтетрафторэтан (фреон 114В2). Потенциал горючести окиси углерода (-159,2), метана (-239,7), двуокиси углерода 70,0, 1,2-дибромтетрафторэтан 951,1 кДж/моль.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Предпоследняя цифра шифра | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 |
| *A %* | 30 | 35 | 40 | 25 | 25 | 25 | 20 | 35 | 20 | 30 |
| *B %* | 40 | 35 | 30 | 35 | 35 | 35 | 40 | 25 | 20 | 30 |
| *C %* | 25 | 20 | 10 | 5 | 10 | 20 | 20 | 35 | 35 | 10 |
| *D %* | 5 | 10 | 20 | 35 | 30 | 10 | 20 | 5 | 25 | 30 |

Задача 20. Определить предельную по горючести смесь, состоящую из веществ, имеющих приведенный потенциал горючести *ПГ*.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Предпоследняя цифра шифра | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 |
| Ве-щество | этилен | метил-этил-кетон | ацетон | бутан | пропан | бензол | н-  пентан | этило-вый спирт | эти-лен | изо-  бутан |
| *ПГ* | -641,1 | -733,3 | -472,0 | -683,0 | -586,6 | -838,0 | -879,9 | -385,5 | -641,1 | -670,4 |
| Ве-щество | дифтор-хлор-бром-метан | три-фтор-бром-метан | тетра-фтор-  метан | этан | дихлор  метан | бром-этан | гелий | хлор-бром-  метан | этил-мер-каптан | этан |
| *ПГ* | 527,9 | 628,5 | 104,8 | 511,2 | 57,4 | 33,4 | 37,7 | 477,7 | 536,3 | 511,2 |

**6 Оформление контрольной работы**

Вариант контрольного задания выбирается по последним двум цифрам шифра зачётной книжки: по последней цифре - номера теоретических вопросов и задач, по предпоследней цифре - вариант в задаче.

***Пример*** Предпоследние цифры шифра 62 - номера вопросов 2, 12, 22, 32, задачи 2, 12, внутри задачи – вариант 6.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вариант | Номера контрольных вопросов | Номера задач |
| 1 | 1, 11, 21, 31 | 1, 11 |
| 2 | 2, 12, 22, 32 | 2, 12 |
| 3 | 3, 13, 23, 33 | 3, 13 |
| 4 | 4, 14, 24, 34 | 4, 14 |
| 5 | 5, 15, 25, 35 | 5, 15 |
| 6 | 6, 16, 26, 36 | 6, 16 |
| 7 | 7, 17, 27, 37 | 7, 17 |
| 8 | 8, 18, 28, 38 | 8, 18 |
| 9 | 9, 19, 29, 39 | 9, 19 |
| 0 | 10, 20, 30, 40 | 10, 20 |

* 1. Требования к оформлению контрольной работы: контрольная работа выполняется рукописно в тетради или с помощью средств компьютерной техники. На обложке тетради или на титульном листе формата А4 по ГОСТ 2.301-68 следует указать фамилию, имя, отчество студента, шифр зачетной книжки и номер специальности, дату отправки. Текст следует размещать, соблюдая размеры поля:

правое – 15,

левое – 30,

верхнее – 15,

нижнее – 25 мм.

При оформлении текста, заголовков, иллюстраций, таблиц и др. следует руководствоваться с требованиями ГОСТ Р 1.5-2002, ГОСТ 2.105-95, используя стандартную терминологию, а при ее отсутствии принятую в технической литературе.

Листы контрольной работы нумеруют арабскими цифрами. Номер листа проставляют на нижнем поле листа справа. На титульном листе номер листа не проставляют.

Оформление иллюстраций в форме графиков и диаграмм выполняют по требованиям Р 50-77-88.

* 1. Требования к структуре и содержанию разделов контрольной работы:

*- Содержание –* располагают после титульного листа и записывают строчными буквами с первой прописной, в которое включают наименования всех разделов;

*- Нормативные ссылки –* приводятся ссылки на использованные при выполнении контрольной работы ГОСТы, СНиПы и др.;

*- Введение –* кратко излагают цель контрольной работы;

*- Основная часть –* излагаются вопросы по варианту и приводятся решения задач с подробными пояснениями. Все вычисления необходимо делать полностью, оставляя место для замечаний преподавателя.

*- Список использованной литературы –* приводится сведения об использованных источниках, упомянутых в тексте контрольной работы в порядке упоминания по ГОСТ 7.1-2003.

***Пример***

**Пожарная безопасность:** Учебное пособие / А.Н.Баратов, В.А.Пчелинцев – М.: изд-во АСВ, 1997.- 176 с. с илл.- 10000 экз.- ISBN 87829-045-6.

**7 Темы практических занятий**

1. Расчет количества воздуха, необходимого для горения веществ.

Литература: [1, с.18-23].

1. Расчет объема и состава продуктов горения.

Литература: [1, с.23-29].

1. Расчет теплоты сгорания веществ.

Литература: [1, с.29-33].

1. Расчет температуры горения.

Литература: [1, с.33-38].

1. Расчет концентрационных пределов воспламенения.

Литература: [1, с.94-104, 141-148].

1. Расчет температурных пределов воспламенения.

Литература: [1, с.114-119].

1. Расчет температуры вспышки и воспламенения.

Литература: [1, с.114-119].

1. Расчет стандартной температуры самовоспламенения.

Литература: [1, с.56-65].

1. Расчет потенциала горючести.

Литература: [1, с.33-38].

**8 Перечень лабораторных работ**

Определение температуры вспышки

1. **Вопросы для подготовки к экзамену**

1. Диффузионное и кинетическое горение.

2. Диффузионное пламя.

3. Расход воздуха на горение.

4. Продукты сгорания. Дым.

5. Теплота сгорания.

6. Температура горения.

7. Оценка пожарной опасности веществ и материалов.

8. Кинетика химических реакций.

9. Превращение горючих веществ при нагревании.

10. Теория окисления горючих веществ.

11. Теория самовоспламенения.

12. Температура самовоспламенения.

13. Температура самовоспламенения.

14. Тепловое самовозгорание.

15. Микробиологическое самовозгорание.

16. Химическое самовозгорание.

17. Теория горения газовых смесей.

18. Концентрационные пределы воспламенения.

19. Методы определения концентрационных пределов воспламенения.

20. Испарение жидкостей.

21. Насыщенный пар.

22. Температурные пределы воспламенения.

23. Температура вспышки.

24. Процесс горения жидкостей.

25. Скорость выгорания.

26. Прогрев жидкостей при горении.

27. Скорость выгорания.

28. Свойства, определяющие взрывоопасность пылей.

29. Теория горения аэровзвесей.

30. Пределы воспламенения аэровзвесей.

31. Состав и свойства твердых горючих веществ.

32. Горение древесины.

33. Горение металлов.

34. Теория химического строения А.М.Бутлерова.

35. Изомерия. Классификация органических веществ.

36. Свойства и пожарная опасность предельных углеводородов.

37. Свойства и пожарная опасность непредельных углеводородов.

38. Свойства и пожарная опасность ароматических углеводородов.

39. Свойства и пожарная опасность нефти и нефтепродуктов.

40. Свойства и пожарная опасность спиртов и простых эфиров.

41. Свойства и пожарная опасность альдегидов и кетонов.

42. Свойства и пожарная опасность карбоновых кислот.

43. Свойства и пожарная опасность сложных эфиров карбоновых кислот.

44. Свойства и пожарная опасность нитросоединений.

45. Свойства и пожарная опасность сложных эфиров азотной кислоты.

46. Свойства и пожарная опасность аминосоединений.

47. кремнийорганических соединений.

48. Свойства и пожарная опасность металлоорганических соединений.

49. Свойства и пожарная опасность фосфорорганических соединений.

50. Свойства и пожарная опасность синтетических полимеров и способы их получения.

51. Свойства и пожарная опасность пластических масс.

52. Свойства и пожарная опасность синтетических волокон.

53. Свойства и пожарная опасность натурального и синтетического каучуков.

54. Свойства и пожарная опасность пестицидов и удобрений.

1. **Список рекомендуемой литературы**
2. Кукин П.П.  Теория горения и взрыва : учеб. пособие для вузов по напр. 280100 "Безопасность жизнедеятельности" спец. 280101.65 "Безопасность жизнедеятельности в техносфере" / П. П. Кукин, В. В. Юшин, С. Г. Емельянов : Юго-запад. ун-т; МАТИ-РГТУ. - М.: Юрайт, 2014 (401313). - 435 с.
3. Девисилов В. А.  Теория горения и взрыва [Электронный ресурс]: учебник / В. А. Девисилов, Т. И. Дроздова, А. И. Скушникова. - М. : НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 262 с. - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=489911>.
4. Девисилов В. А.   Теория горения и взрыва. Практикум [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. А. Девисилов, Т. И. Дроздова, С. С. Тимофеева. - М. : ФОРУМ [и др.], 2015. - 384 с. - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=489498>
5. Демидов П.Г., Шандыба В.А., Щеглов П.П. Горение и свойства горючих веществ. - 2-е изд., переб.- М.: Химия, 1981.- 272 с.
6. ГОСТ 12.1.044-89. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения [Текст]. Изд. Стандартов.- 1990.- с. 143.
7. Розловский А.И. Взрывобезопасность паро-газовых систем в технологических процессах [Текст]. – М.: Химия.- 1973.- 130 с.
8. Пожарная безопасность: Учебное пособие.[Текст]. / А.Н.баратов, В.А. Пчелинчев – М.: изд-во АВС.- 1997.- 176 с.
9. НПБ 105-03. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности. ГУГПС, ФГУ ВНИИПО МЧС России. – 2003.- 37 с.
10. Анохин А.Г. Пожарная опасность пластмасс в строительстве.- М.: изд-во лит. по строительству, 1969.-108 с.
11. Блинов В.И. Худяков Г.Н. Диффузионное горение жидкостей.- М.: изд-во АН СССР.- 1961.- 208 с.
12. Доглов О.Н., Воронков М.Г., Гинблат М.П. Кремнийорганические жидкие каучуки и материалы на их основе.- М.: Химия.- 1974.-111 с.
13. Безопасность жизнедеятельности в металлургии. Учебник для вузов / Л.С.Стрижко, Е.П.Потоцкий, И.В.Бабацев и др.- М.: Металлургия. - 1996. - 416 с.
14. Розловский А.И. основы техники взрывобезопасности при работе с горючими газами и парами.- М.: Химия.- 1980.- 376 с.
15. Корольченко А.Я. Пожаровзрывобезопасность промышленной пыли.- М.: Химия.- 1996.- 216 с.
16. Злобинский Б.М., Иоффе В.Г., Злобинский В.Б. Воспламеняемость и токсичность металлов и сплавов.- 1972.- 264 с.
17. Бесчастнов М.В. Промышленные взрывы. Оценка и предупреждение.- М.: Химия.- 1991.- 432 с.
18. Справочник. Пожарная опасность веществ и материалов. Под общ. ред. Рябова И.В.- М.: Стройиздат.- 1970.- 3376 с.
19. Тагер А.А. Физикохимия полимеров.- М.: Химия.- 1978.- 543с.
20. Хитрин А.Н. Физика горения и взрыва.- М.: изд. МГУ.- 1957.- 422 с.