|  |
| --- |
| **МЧС России**  **Санкт-Петербургский университет**  **Государственной противопожарной службы**  **Кафедра физико-химических основ процессов горения и тушения**  **Контрольная работа №1**  По дисциплине физико-химические основы развития и тушения пожара  **Вариант №50**  Выполнил:  Слушатель (студент) группы № \_\_\_\_\_  факультета заочного обучения \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  Зарегистрировано на ФЗО  «\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_2019г. №\_\_\_\_\_\_  Проверил:  Оценка\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  Санкт-Петербург 2019 |

**Исходные данные**

***Таблица 1.*** *Номера заданий для выполнения контрольной работы*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***Две последние***  ***цифры номера***  ***зачетной книжки*** | ***Номера вопросов и заданий*** | | | | |
| ***Теоретические вопросы*** | | | ***Расчетное задание*** | |
| ***№1*** | ***№2*** | ***№3*** | ***Вещество (табл.2)*** | ***Характеристика помещения (табл.3)*** |
| 50 | 21 | 40 | 88 | 16 | 10 |

***Таблица 2****. Задания для расчетной части*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *Номер задания по табл.1* | *Вещество* | *Химическая*  *формула* | *Максимальная температура в помещении, °С*  *(с учетом повышения температуры при аварии)* | *Примечание* |
| 16 | м-Ксилол | С8Н10 | 61 |  |

***Таблица 3.*** *Характеристики помещений для расчетной части*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *Номер*  *задания по табл.1* | *Скорость воздушного*  *Потока в помещении, м/с* | *Площадь помещения* | *Высота помещения* | *Объем емкости (аппарата), л* | *Примечание* |
| 10 | 0,2 | 170 | 4,5 | 200 |  |

**Теоретические вопросы**

21. t° вспышки, практическое значение.

40. Схема распространения пламени по поверхности ТГМ.

88. Общие методические подходы к определению эффективности огнетушащих веществ

**Теоретическая часть**

**21. t° вспышки, практическое значение**

Температура вспышки -самая низкая температура горючей жидкости, при которой над её поверхностью образуются пары, способные вспыхивать в воздухе от внешнего источника зажигания, но скорость их образования недостаточна для устойчивого горения жидкосги. Чем ниже температура вспышки, тем опаснее жидкость. Из числа горючих жидкостей особо выделяют ЛВЖ - легковоспламеняющиеся жидкости. К ЛВЖ относятся горючие жидкости с температурой вспышки, не превышающей 61 °С в закрытом или 66 °С в открытом тигле.

Температура вспышки является основным параметром пожарной опасности горючей жидкости. Она используется для оценки температурных условий, при которых горючая жидкость стано­вится огнеопасной в открытом аппарате, при Определении кате­гории помещений и зданий в соответствии с НПБ 105-95, при разработке мероприятий для обеспечения пожаро- и взрывобезопасного ведения технологических процессов.

Взрывчатой смесь становится лишь тогда, когда концентрация горючего в ней не ниже и не выше определенного предела. В соответствии с этим различают нижний и верхний пределы взрываемости или концентраций паров горючего в смеси с воздухом. Нижний предел взрываемости отвечает минимальной концентрации паров горючего в смеси с воздухом, при которой возможна вспышка от соприкосновения с пламенем верхний предел взрываемости отвечает такой концентрации паров, выше которой вспышка не происходит из-за недостатка воздуха.

В соответствии с требованиями по определению показателей пожарной опасности веществ и материалов при оценке пожарной опасности нефти и нефтепродуктов, которые относятся к жидкостям, необходимо определить группу горючести, температуру вспышки, температуру воспламенения, температуру самовоспламенения, скорость выгорания, скорость прогрева при выгорании, характер взаимодействия горящего вещества с водопенными средствами тушения.

В. т. зависит от условий ее определения и не является постоянной характеристикой горючей жидкости. Если В. т. определять в стандартном закрытом приборе, тогда она может быть основой классификации горючих жидкостей по степени их пожарной опасности. В. т. при постоянном давлении является постоянной для данной жидкости и характеризует взрывоопасность ее паров. Для углеводородов с низкими температурами кипения и бензинов В. т. колеблется от —30 до —40 С для керосина от 26 до 60 С для масляных фракций от 130 до 325 С.

**40. Схема распространения пламени по поверхности ТГМ.**

После воспламенения ТГМ происходит перемещение фронта пламени по поверхности. Распространение горения протекает за счет передачи тепла от зоны горения к еще негорящим участкам материала. Передача тепла осуществляется за счет излучения, конвекции и теплопроводности. В зависимости от условий горения соотношение количеств тепла, поступающих этими видами теплопередачи, может быть различным. Поэтому скорость распространения пламени по поверхности ТГМ зависит от условий горения.

Наибольшее влияние на скорость распространения пламени по поверхности ТГМ оказывают следующие факторы:

природа материала, его физико-химические свойства (скорость образования летучих продуктов);

влажность материала;

ориентация образца в пространстве;

скорость и направление воздушных потоков;

начальная температура материала;

геометрические размеры образца (толщина, дисперсность).

Процесс распространения пламени по поверхности твердых веществ протекает за счет передачи части тепла, выделяющегося в зоне пламени, к поверхности горящего материала. Передача тепла от факела пламени осуществляется за счет лучеиспускания, конвекции и теплопроводности. В зависимости от условий горения соотношение количеств тепла, поступающих этими видами тепло­передачи, может быть различным. Это обстоятельство и является одной из главных причин зависимости скорости распространения пламени по поверхности твердых горючих материалов от условий горения.

Прогрев участков поверхности, расположенных перед фронтом пламени, за счет теплоподвода излучением, конвекцией и кондукцией приводит к разложению слоев твердого вещества с образованием летучих продуктов (рис.1). Выделяющиеся продукты пиролиза смешиваются с воздухом, образуя гомогенную кинетическую систему. При превышении концентрации горючих компонентов нижнего предела их воспламенения смесь воспламеняется от пламени и сгорает в кинетическом режиме. Таким образом, процесс распространения пламени по твердым материалам (как и по жидкостям) характеризуется двумя существенными признаками:

- скорость перемещения пламени равна скорости образования горючей (выше нижнего концентрационного предела воспламенения) смеси над поверхностью материала;

- горение на передней кромке пламени (носике) всегда протекает в кинетическом режиме, т. е. горит предварительно перемешанная смесь горючего и окислителя

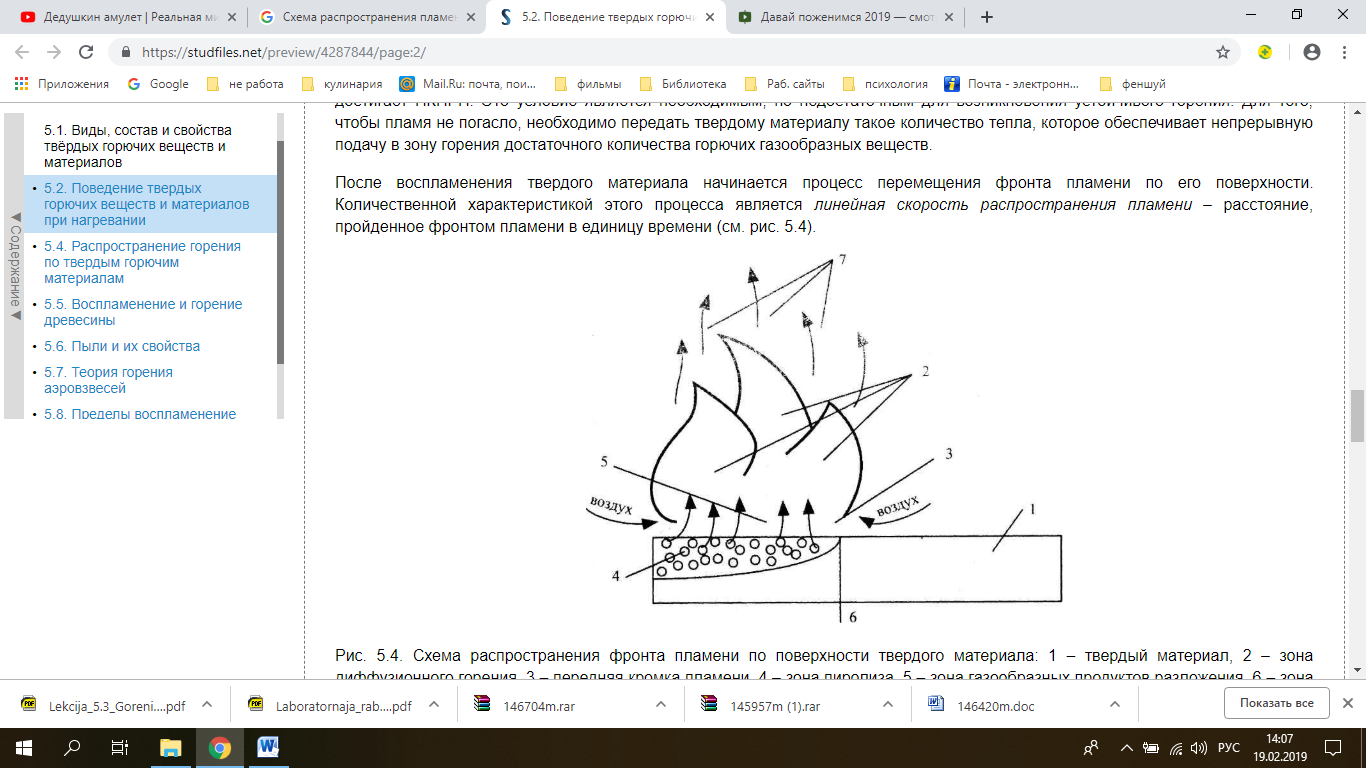


Рис. 1. Схема распространения фронта пламени по поверхности твердого материала: 1 – твердый материал, 2 – зона диффузионного горения, 3 – передняя кромка пламени, 4 – зона пиролиза, 5 – зона газообразных продуктов разложения, 6 – зона начала разложения твердого материала перед фронтом пламени, 7 – газообразные продукты горения

**88. Общие методические подходы к определению эффективности огнетушащих веществ**

Огнетушащее вещество — вещество, способное препятствовать горению благодаря своим физико-химическим свойствам. Существуют три основных принципа тушения огня огнетушащими веществами: охлаждение очага горения, изолирование от поступления кислорода и ингибирование (торможение химических реакций горения).

Для тушения пожаров применяются следующие огнетушащие вещества: вода, водяной пар, пена, синтетический порошок, инертные газы, углекислота, инертные разбавители.

Определение огнетушащей эффективности порошковых составов проводится в лабораторных и полигонных условиях. Лабораторная проверка является предварительной. Она основана на тушении этилового спирта порошком, подаваемым из специальной установки сжатым воздухом. При установившемся токе воздуха порошок направляют в противень с горящим в течение 30 с спиртом, налитым слоем 0,5 см. Расстояние распылителя до борта противня 30 см. Угол наклона распылителя 30°, После успешного тушения опыт проводят на большей площади. Таким образом находят максимальную площадь тушения. Наиболее эффективным считается порошок, которым потушена наибольшая площадь при наименьшем расходе. Более объективные данные по огнетушащей эффективности порошковых составов получают при тушении горючих жидкостей и древесины в полигонных условиях. Наиболее жесткие условия в этом случае получаются при тушении бензина, горящего в металлических противнях, из 10-литрового аэрозольного огнетушителя. Огнетушащая эффективность определяется по наибольшей площади горения, которая может быть потушена минимальным количеством порошка. Для определения бензин наливают в противень слоем 2 см (свободное горение бензина 30 с), тушат с расстояния 2,5—3 м, струю порошка подают под углом 30°, После успешного тушения измеряют время и количество израсходованного порошка. Тушение порошком проводят па противнях различной площадью, выбирая максимально возможную площадь, которую можно потушить из одного огнетушителя.

Наиболее эффективным считается порошок, которым можег быть потушена наибольшая площадь при наименьшем расходе. Огнетушащую эффективность некоторых порошковых составов испытывают также при тушении древесины. Как и для горючих жидкостей, испытания проводят в лабораторных и полигонных условиях.

В полигонных условиях огнетушащую эффективность проверяют при тушении штабелей древесины размером 0,5х0.5х0,5 м.

**Расчетная часть**

1. **Общие сведения о веществе**

По данным справочной литературы основные сведения о веществе:

Эмпирическая формула . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . С8Н10  
Молекулярная масса, кг/кмоль . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 106,17  
Агрегатное состояние . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .. . . . . . . . . . . жидкое  
Внешний вид . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . ..бесцветная жидкость  
Запах . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .. . . . . запах бензола  
Применение: как растворитель лаков, красок, мастик; высокооктановая добавка к моторным топливам.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА  
Ксилол (смесь изомеров):   
Плотность, кг/м3 . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .. . . . . . . . . . . . . . 855  
Плотность пара по воздуху . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .. . . . . . . . . 3,66  
Температура кипения, °С . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .. . . . . . . . . . . 139,1  
Растворимость в воде: . не растворяется (менее 0,015%).   
Реакционная способность: смешивается с этанолом, диэтиловым эфиром, ацетоном, хлороформом, бензолом. Легко алкилируется, хлорируется, сульфируется, нитруется.

Воздействие на людей: пары ксилола при высоких концентрациях действуют наркотически, вредно влияют на нервную систему, оказывают раздражающее действие на кожу и слизистую оболочку глаз. На коже вызывают дерматит.

ПОЖАРОВЗРЫВООПАСНЫЕ СВОЙСТВА  
Группа горючести . . . . . . .. легковоспламеняющаяся жидкость (ЛВЖ)   
Температура вспышки, °С . . . . . . . . . . . . .. . . . . . . . . . . . . . . . . . . .29   
Температура воспламенения, °С . . . . . . . . . . . .. . . . . . . . . . . . . . . . . . . 44   
Температура самовоспламенения, °С . . . . . . . . . . .. . . . . . . . . . . . . . 490   
Концентрационные пределы распространения пламени, % (об.) . . . 1,1-6,5   
Температурные пределы распространения пламени, °С . . . . . . . . . . . . 24-50   
Скорость выгорания, кг/(м2\*с) . . . . . . . . . . . . . . . . .. . . . . . . . . . . . . . 8,8-10-2

Безопасный экспериментальный максимальный зазор, мм . . . .. . . 1,09   
Группа взрывоопасной смеси по ГОСТ Р 51330.5 . . . . . . . . . . .. . . . . . . . . Т1  
Категория взрывоопасности смеси по ГОСТ Р 51330.11 . . . . . .. . . . . . . IIA  
Средства пожаротушения: воздушно-механическая пена, порошки.

1. **Определение показателей пожарной опасности**
   1. ***Температура вспышки***

Температура вспышки - это наименьшая температура конденсированного вещества, при которой в условиях специальных испытаний над его поверхностью образуются пары и газы, способные вспыхивать от источника зажигания; устойчивое горение при этом не возникает.

Температуру вспышки жидкостей (tвсп) в закрытом тигле в °С, вычисляют по формуле:

, оС (1)



где:

а0 - размерный коэффициент, равный минус 73,14 °С;

а1 - безразмерный коэффициент, равный 0,659;

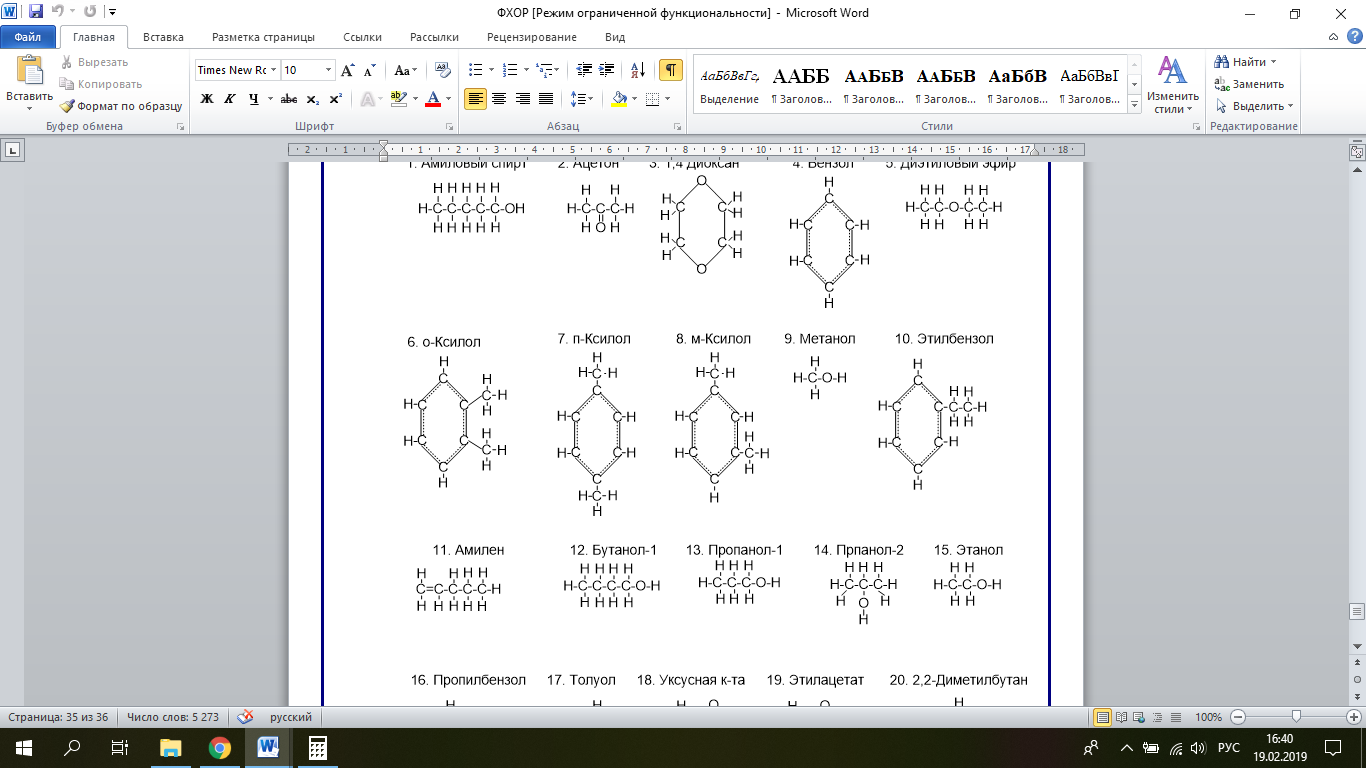
tкип- температура кипения исследуемой жидкости, °С;

аj - эмпирические коэффициенты, приведённые в табл. 1 [2] в зависимости от связей в структурной формуле вещества;

lj - количество связей вида j в молекуле исследуемой жидкости.

tкип = 139,1 0C

Формула:



С – С 8

С – Н 10

tвсп = −73,14 + 0,659 ⋅ 139,1 + 8 ⋅ (−2,03) + 10 ⋅ 1,105 = 13,370С.

По справочным данным температура вспышки ксилола составляет 290С.

* 1. ***Температура воспламенения***

**Температура воспламенения** - это наименьшая температура вещества, при которой в условиях специальных испытаний вещество выделяет горючие газы и пары с такой скоростью, что при воздействии источника зажигания наблюдается воспламенение жидкости.

Температура воспламенения жидкости рассчитывается по той же формуле что и температура вспышки, но со своими коэффициентами:

, оС, где (2)

где:

а0 = - 47,78 °С;

а1 = 0,882;

tкип - температура кипения жидкости, °С;

аj - коэффициент j-той химической связи, приведены в табл. 3;

lj - число химических связей вида j в молекуле жидкоcти

Температура воспламенения ксилола равна:

tвсп = −47,78 + 0,882 ⋅ 139,1 + 8 ⋅ 0,027 + 10 ⋅ (-2,118) = 54 0С.

По справочным данным температура воспламенения ксилола составляет 440С.

* 1. ***Концентрационные пределы распространения пламени***

**Нижний и верхний концентрационный предел распространения пламени (воспламенения)** - соответственно, минимальное и максимальное содержание горючего вещества в однородной смеси с окислительной средой, при котором возможно распространение пламени по смеси на любое расстояние от источника зажигания. Обозначается НКПР (ϕн) и ВКПР (ϕв).

Приблизительно КПР газов и паров в воздухе при атмосферном давлении для большинства органических соединении можно рассчитать с точностью, достаточной для практических нужд по формуле:

 (3)

где:

β - стехиометрический коэффициент перед кислородом в уравнении реакции горения,

а и b - универсальные константы [2].

Если известно значение энтальпии (теплоты) образования, НКПР может быть рассчитан по формуле

ϕн = , %, где (4)

*nС, nH, nO, nN, nf*  - число атомов С, Н, О, N в молекуле горючего;

коэффициенты *hC*= 8,737; *hН*= 2,757; *hО*= −0,522;  *hN*= −0,494;  *hf*= 2,36⋅10-2 кДж/моль;

*ΔН0f*  - стандартная теплота образования горючего вещества, кДж/моль.

Нижний концентрационный предел распространения пламени (воспламенения) ксилола равен:

ϕн = = 0,97 %

По справочным данным НКПР ксилола составляет 1,1 %.

Составляем уравнение реакции горения ксилола:

2С8Н10 + 21О2 = 16CO2 + 10Н2О

β = 21

2. ϕн  = НКПР = 0,5 %

ϕв  = ВКПР = 4,42%

По справочным данным КПР ксилола составляет 1,1-6,5 %.

* 1. ***Температурные пределы распространения пламени***

Нижним (НТПР) или верхним (ВТПР) температурным пределом распространения пламени называется температура жидкости, при которой концентрация паров над ее поверхностью равна соответствующему концентрационному пределу.

Если известна зависимость давления насыщенного пара от температуры, то значение нижнего или верхнего температурного предела распространения пламени *(t*п*)* в °С вычисляют по соответствующему значению концентрационного предела распространения пламени (ϕКПР ) по формуле

 (4)

где:

А, *В, СА* — константы уравнения Антуана;

р0 — атмосферное давление, кПа.

lgр = 6,58807 -1906,796/(234,917 + t)

Расчет НТПР ксилола:

tн = = 57,1

Расчет ВТПР:

tв = = 97,8.

По справочным данным НТПР ксилола составляет 240С, ВТПР составляет +500С.

* 1. ***Нормальная скорость распространения пламени паровоздушной смеси***

Определяется по справочной литературе.

Нормальная скорость распространения пламени паровоздушной смеси – 0,4 м/с.

* 1. ***Критический диаметр огнегасящего канала и безопасного экспериментального максимального зазора***

Расчёт критического диаметра dкр длинного цилиндрического огнегасящего канала производится по формуле

 (5)

где Рекр = 72 — число Пекле; Su — нормальная скорость горения; Срv — удельная теплоёмкость, Дж/(кг⋅К); λ — коэффициент теплопроводности исходной смеси, Вт/(м⋅К); Т — температура, К; Р — давление, Па; R — универсальная газовая постоянная, равная 8,31, Дж/(моль⋅К); М — молярная масса, кг/моль.

Максимальный экспериментальный безопасный зазор (БЭМЗ) рассчитывается по формуле

dкр = 72\*0,11\*8,31\*23/(0,4\*1676\*103\* 101,3\* 106,17) = 0,2 м

 (6)

Относительная средняя квадратическая погрешность расчёта составляет 18 %.

БЭМЗ = 0,2/3 = 0,06

* 1. ***Минимальная энергия зажигания***

Минимальная энергия зажигания W (Дж) рассчитывается по формуле

W = α q , (7)

где α = 0,5 — коэффициент пропорциональности; q — удельное объемное количество тепла, необходимое для нагрева горючей смеси от ее начальной температуры tнач до температуры самовоспламенения, Дж/м3; lk — величина критического зазора, м.

Удельное объемное количество тепла, необходимое для нагрева горючей смеси от tнач до tсв, рассматривается как тепло, нужное для нагрева воздуха qг, и вычисляется (Дж) по формуле

 (8)

где Ср — теплоемкость воздуха, Дж/(кг ⋅ град); ρг — плотность воздуха, кг/м3.

Рассчитать минимальную энергию зажигания паровоздушной смеси керосина осветительного марки А по формуле (29). Исходные данные: tнач = 70 °С, tсв = 238 °С, lk = 1,8 мм.

Используя данные таблицы, находим:

qг = 1,4⋅105 Дж/м3.

Подставляя q = qг в формулу, определяем значение минимальной энергии зажигания паров при 70 °С:

W = 0,5 ⋅ 1,4 ⋅ 105 ⋅ (1,8 ⋅ 10-3)3 = 4,1 ⋅ 10-4 Дж.

* 1. ***Способность гореть и взрываться при взаимодействии с водой, кислородом и другими веществами***

Растворимость в воде: . не растворяется (менее 0,015%).   
Реакционная способность: смешивается с этанолом, диэтиловым эфиром, ацетоном, хлороформом, бензолом. Легко алкилируется, хлорируется, сульфируется, нитруется.

* 1. ***Минимальная флегматизирующая концентрация флегматизатора***

Определяется для Н2О, СО2 и N2 по справочной литературе и расчетным методом по [1.4].

Минимальную флегматизирующую концентрацию газовых средств пожаротушения Смфк, % (об.), вычисляют по формуле

 (9)

где γ — эмпирический безразмерный параметр, значения которого приведены в табл. 3;  — концентрация кислорода в воздухе, % (об.); βсо - стехиометрический коэффициент кислорода в реакции сгорания до СО и Н2О. Величину βсо вычисляют по формуле

βсо = 0,5nc + 0,25nН - 0,5nО, (10)

где nc, nН, nО - число атомов С, Н, О в молекуле горючего; F — безразмерная функция, которую вычисляют по формуле

 (11)

где hС, hH, ho, hN, hf — коэффициенты; их значения составляют: hc = 2,373, hH = 2,757, ho = -0,522, hN = -0,494, hf = 2,58 x 10-2 кДж/моль;  — стандартная теплота образования горючего вещества, кДж/моль.

Концентрация горючего в смеси, соответствующей по составу точке флегматизации, вычисляется по формуле

 (12)

Минимальное взрывоопасное содержание кислорода (МВСК) в объемных процентах рассчитывается по формуле

 (13)

Относительная средняя квадратичная погрешность расчета по формулам (4) и (8) не превышает 10 %.

По формуле (5) вычисляем: βсо = 0,5 ⋅ 1 + 0,25 ⋅ 4 = 1,5. По формуле (6) находим:



Согласно табл. 3, для С4F10 γ = 4,3. Подставляя значения βCO, F и γ в (4), получаем:

 % (об.);

 % (об.).

Отсюда МВСК = (100 - 11 - 10,9) ⋅  = 16,4 % (об.).

* 1. ***МВСК Минимальное взрывоопасное содержание кислорода***

Минимальную огнетушащую концентрацию газовых средств пожаротушения Смок, % (об.), вычисляют по формуле

Смок = α ⋅ Смфк, (14)

где α = 0,47 — безразмерный коэффициент; Смфк — минимальная флегматизирующая концентрация.

Относительная средняя квадратичная погрешность расчета по формуле (9) составляет δ = 31%.

Подставляя Смфк в формулу (14), получаем:

СМОК = 0,47 ⋅ 11 = 5,2 % (об.).

* 1. ***Максимальное давление взрыва***

Максимальное давление взрыва—наибольшее избыточное давление, возникающее при дефлаграционном сгорании газо-, паро- или пылевоздушной смеси в замкнутом сосуде при начальном давлении смеси 101,3 кПа.

Максимальное давление взрыва *рмакс* без учета степени диссоциации продуктов горения в кПа вычисляют по формуле

 (15)

где:

*рн —* начальное давление, при котором находится исходная смесь, кПа;

*Т*ад *(V) —* адиабатическая температура горения стехиометрической смеси горючего с воздухом при постоянном объеме, К (принимать значение, расчитанное в п.2.6 настоящей работы без учета теплопотерь);

 — сумма числа молей конечных продуктов горения (определяется без учета избытка воздуха);

*Тн* — температура исходной смеси. К;

— сумма числа молей газообразных исходных веществ.

Вычислить адиабатическую температуру горения.

1. Составляем уравнение реакции горения:

2С8Н10 + 21О2 = 16CO2 + 10Н2О

2. По уравнению реакции горения определяем количество киломоль продуктов горения:





Определяем общее количество продуктов сгорания при сжигании 1 киломоля горючего:

= 23 кмоль

3. Определяем среднее теплосодержание продуктов горения

Теплота горения ксилола составляет :

Qгор = 2551630 кДж/кмоль

Среднее теплосодержание продуктов горения:

*Qср = * 127 000 кДж

4. По справочным данным, определяем Т1 = 22000С

5. Рассчитываем теплосодержание продуктов горения

QПГ2200 = 120839,6⋅16 + 98758,3⋅7 = 2624 732 кДж

QПГ2200 = 2624 732> QПГ = 255 1630, следовательно, выбираем Т2 = 21000С

Рассчитываем теплосодержание продуктов горения при 21000С.

QПГ2100 =114722,2⋅16 + 93395,1⋅7 = 2489 320 кДж

QПГ2100 = 2489320< QПГ = 2551630, следовательно температура горения находится в интервале от 2100 до 22000С.

6. Методом интерполяции рассчитываем температуру горения:

21140С

Максимальное давление взрыва смеси ксилола с воздухом, если начальное давление 103,3 кПа (775 мм рт.ст.), начальная температура 320С (305 К), температура взрыва (адиабатическая температура горения) 21140С (2383 К), рассчитывается следующим образом

Рассчитаем число молей (киломолей) газообразных веществ до и после взрыва:

до взрыва: n = 1 + 21⋅1 = 22 моль

после взрыва: m = 16 + 7 = 23 моль

3. Максимальное давление взрыва составит:

Рвзр =  = 850,75 кПа

Ответ: максимальное давление взрыва составляет 850,75 кПа.

* 1. ***Вывод***

Категория А присваивается тем помещениям, в которых находятся легковоспламеняющиеся жидкости и горючие газы. При этом температура вспышки у них не более 28 оС. Для присвоения такой категории помещений по пожарной опасности необходимо, чтобы указанные вещества хранились там в количестве, которого будет достаточно для образования взрывоопасных паровоздушных смесей. При их воспламенении должно развиться избыточное давление, превышающее 5 кПа.

1. **Расчет аварийной ситуации в помещении**

В качестве аварийной ситуации принимается разрушение емкости с жидкостью и выход ее в объем помещения, при этом:

* все содержимое емкости поступает в помещение;
* происходит испарение с поверхности разлившейся жидкости; площадь испарения при разливе на пол определяется (при отсутствии справочных данных) исходя из расчета, что 1 л смесей и растворов, содержащих 70 % и менее (по массе) растворителей, разливается на площади 0,5 м2, а остальных жидкостей – на 1 м2 пола помещения;
* длительность испарения жидкости принимается равной времени ее полного испарения, но не более 3600 с.

Свободный объем помещения принимать условно равным 80% геометрического объема помещения.

1. ***Интенсивность испарения при заданных условиях***

Интенсивность испарения W для ненагретых выше температуры окружающей среды ЛВЖ рассчитывают пo формуле

*W = 10-6 η Pн,* (16)

где *η —* коэффициент, принимаемый в зависимости от скорости и температуры воздушного потока над поверхностью испарения;

*Рн —* давление насыщенного пара при расчетной температуре жидкости *tр*, кПа.

При температуре 32°С и скорости воздушного потока 0,5 м/с - 3,44.

Малярная масса ксилола составляет 106,17 кг/кмоль.

Определяем давление насыщенных паров по уравнению Антуана:

 (8)

где t – температура жидкости, °С;

А, В, С - эмпирические коэффициенты, определяемые по таблице.

Определяем давление насыщенных паров определяем по уравнению Антуана, для этого сначала проверяем размерность коэффициентов, подставляя в формулу температуру кипения жидкости (68,74°С):



поскольку значение получилось равным 101, значит коэффициенты уравнения Антуана представлены в кПа.

 кПа

Интенсивность испарения равна:

10-6∙3,44∙∙27,13 =8,65∙10-4 кг /(м2∙с)

# Время образования минимальной взрывоопасной концентрации паров в помещении

Минимальной взрывоопасной концентрацией горючего в смеси является НКПР. Коэффициент безопасности принимается равным 0,8.

Для расчета времени образования минимальной взрывоопасной концентрации паров ксилола в помещении следуют следующему расчету:

1. Определяем интенсивность испарения ксилола при заданных условиях (п.2.1).

8,65∙10-4 кг /(м2∙с)

2. Определяем НКПР ксилола расчетом (п. 1.3)

НКПР = 1,15%

Пересчитываем НКПР из % в кг/м3:

=0,0404 кг/м3

где М=106,17 кг/кмоль – молярная масса;

VМ - молярный объем паров при заданной по условию температуре и давлении, м3/кмоль.

VМ = RT/P (9)

где R = 8,314 Дж/(моль∙К) – универсальная газовая постоянная;

T – температура, К;

Р = 775 мм рт. ст. = 103,3 кПа – давление в помещении.

VМ = 8,314∙(32+273)/103,3 = 24,5 м3/кмоль

3. Определяем массу ксилола, необходимую для образования данной концентрации пара в помещении

Найдем объем помещения:

Vпом = а∙b∙h = 170∙4,5 = 765 м3

Свободный объем помещения принимается 80% от общего объема помещения. Коэффициент безопасности по НКПР, принимается 0,8. Исходя из этого:

=0,8∙765∙0,8∙0,0404 = 10,24 кг

4. Согласно п. 7(г) НПБ 105-03, площадь розлива составит 170∙0,75=127,5 м2, но т.к. площадь помещения равна 170 м2, то площадь розлива будет S= 170 м2.

5. Определяем время испарения ксилола:

=89,7 с = 1,5 мин.

**Вывод:**

В помещении при данных условиях пары ксилола образуют среднеобъемную взрывоопасную концентрацию через 1,5 мин.

Аналогичным образом рассчитываем время образования стехиометрической концентрации паров и время полного испарения жидкости.

1. Стехиометрическая концентрация паров в помещении вычисляется по эмпирической формуле:

, где

β - стехиометрический коэффициент кислорода в реакции сгорания;

=2,16%

2. Пересчитываем Сстех из % в кг/м3:

=0,076 кг/м3

где М=106,17 кг/кмоль - молярная масса

VМ=24,5м3/кмоль - молярный объем паров при 32 °С и давлении 775 мм рт. ст.

1. Определяем массу ксилола, необходимую для образования данной концентрации пара в помещении.

Свободный объем помещения принимается 80% от общего объема помещения.:

=0,8∙765∙0,076=24,1 кг

4. Определяем время испарения ксилола для создания стехиометрической концентрации:

=211,1 с = 3,52 мин.

5. Время полного испарения жидкости составляет:

=903,5 с = 15,06 мин.

**Вывод:**

В помещении при данных условиях пары ксилола образуют среднеобъемную стехиометрическую концентрацию с воздухом за 3,52 мин, время полного испарения 15,06 мин.

1. ***Время образования минимальной взрывоопасной концентрации паров в помещении***

1. Определяем интенсивность испарения при заданных условиях.



2. Определяем НКПР по справочной литературе или расчетом.

Пересчитываем НКПР из % в кг/м3:



где М=106,17 кг/кмоль - молярная масса

VМ=25м3/кмоль - молярный объем паров при заданной по условию температуре (34 °С) и нормальном давлении.

3. Определяем массу вещества, необходимую для образования данной концентрации пара в помещении

Свободный объем помещения принимается 80% от общего объема помещения. Коэффициент безопасности по НКПР, согласно задания принимается 0,8. Исходя из этого:



4. Согласно п. 7(г) НПБ 105-03, площадь розлива составит 170 м2, S=170 м2.

5. Определяем время испарения:



1. ***Избыточное давление взрыва газопаровоздушной смеси при выбранной аварийной ситуации***

Избыточное давление взрыва является основным критерием, разделяющим взрывоопасные категории помещений от пожароопасных.

Избыточное давление взрыва ΔР для индивидуальных горючих веществ (газов и паров ЛВЖ и ГЖ), состоящих из атомов С, Н, О, N, Cl, Br, I, F, определяется по формуле

 , кПа, (10)

где

*РMAX* - максимальное давление взрыва стехиометрической газовоздушной и паровоздушной смесив замкнутом объеме. Определяется экспериментально или по справочным данным. При отсутствии данных допускается принимать *РMAX* = 900 кПа.

*Р0* - начальное давление, кПа. Допускается принимать равным 101 кПа.

*m* - масса горючего газа или паров ЛВЖ и ГЖ, вышедших в результате аварии в помещение.

*Z* - коэффициент участия горючего во взрыве. Допускается принимать значение *Z* по таблице.

*VСВ* - свободный объем помещения, м3. Свободный объем помещения определяется как разность между объемом помещения и объемом, занимаемым технологическим оборудованием. Если свободный объем помещения определить невозможно, то его допускается принимать равным 80 % геометрического объема помещения.

*ρГ* - плотность газа или пара при расчетной температуре *tРАСЧ*, кг/м3;

Если принять, что давление в помещении равно нормальному атмосферному давлению (101,3 кПа) то плотность газа или пара можно рассчитать по следующей формуле:

 , кг/м3, где (11)

*М* - молярная масса газа или пара, кг/кмоль;

*V0* - молярный объем при нормальных условиях, равный 22,4 м3/кмоль.

*tРАСЧ* - расчетная температура, 0С.

*ССТЕХ* - стехиометрическая концентрация горючих газов или паров ЛВЖ и ГЖ, % (объемных).

*КН* - коэффициент, учитывающий негерметичность помещения и неадиабатичность процесса горения. Допускается принимать *КН = 3.*

Вычислим избыточное давление взрыва в помещении, где обращается ксилол.

В результате аварийной ситуации аппарат полностью разрушен, вся жидкость поступила в помещение. Испарение жидкости проходило в течение 1 часа.

Решение:

1. Определяем количество жидкости, которое поступит в помещение *mАП.*

Объем жидкости: =0,75∙210 = 157,5 л

Масса жидкости: *m* = 655 ⋅ 0,21 ⋅ 0,75= 103,16 кг

2. Определяем площадь испарения жидкости

При этом, в соответствии с п.7(г) НПБ 105-03 принимается: что происходит испарение с поверхности разлившейся жидкости; площадь испарения при разливе на пол определяется (при отсутствии справочных данных) исходя из расчета, что 1 л смесей и растворов, содержащих 70 % и менее (по массе) растворителей, разливается на площади 0,5 м2, а остальных жидкостей – на 1 м2 пола помещения,

*SИСПАР =157,5* м2, но т.к. площадь помещения меньше: 132 м2, то площадь испарения принимаем равной

SИСПАР =132 м2

3. Определяем интенсивность испарения *WИСП* (п.2.1).

WИСП = 8,65 ⋅ 10-4 кг/(м2⋅с).

4. Определяем массу жидкости, испарившейся с поверхности разлива mИСП

Расчетное время испарения принимаем *τРАСЧ* = 3600 с.

mИСП ЖИДК  = W·S·τ = 8,65 ⋅ 10-4 ⋅ 132 ⋅ 3600 = 411,05 кг

Получили, что масса паров превышает массу жидкости. Это говорит о том, что жидкость испарится полностью менее чем за час. В этом случае расчетная масса паров принимается равной массе жидкости.

mИСП ЖИДК  = 103,16 кг

5. Избыточное давление при взрыве паров ксилола определяем по формуле:

 , кПа.

Для расчета нам известны следующие величины:

*РMAX*  = 850,75 кПа;

*Р0* = 103,3 кПа;

*m* = 103,16 кг;

*Z* = 0,3;

*КН* = 3.

ССТЕХ=2,16%

Остальные величины *VСВ, ρГ,* необходимо рассчитать.

6. Определим свободный объем помещения *VСВ*.

*VСВ* = 11 ⋅ 12 ⋅ 3 ⋅ 0,8 = 316,8 м3.

7. Определим плотность паров в помещении *ρГ*.

Температура воздуха в помещении *tРАС* = 32 0С.

Плотность паров можно рассчитать по формуле

=3,14 кг/м3.

8. Определяем избыточное давление взрыва паров ксилола:

 = 358,9 кПа.

**Вывод:** избыточное давление взрыва при выбранной аварийной ситуации составляет 358,9 кПа, что будет соответствовать полному разрушению здания.

1. ***Размеры взрывоопасной зоны***
2. Определяем радиус пожара:

на 5 минуту: **R5 = 0,5⋅1,5⋅5 = 3,75 м**.

наа 15-ю минуту: **R15 = 0,5⋅1,5⋅10 + 5⋅1,5 = 15 м.**

1. . Выясним, прогорит ли дверь. Расстояние до двери:

**L =  = 7 м**.

Время прохождения фронта пожара до двери с половинной скоростью составляет 7/0,75=9,3 мин. Фронт пожара действует на дверь 15-9,3 = 5,7 мин. Поскольку огнестойкость двери 10 мин, то пожар не выйдет за пределы помещения.

1. На 5 минуту форма пожара - полукруг.



Рпож5 = π⋅R + 2⋅R = 3,14⋅3,75 + 2⋅3,75 = 19,3, м.

Фпож5 = π⋅R = 3,14⋅3,75 = 11,8, м.

На 15 минуту радиус распространения пожара больше размеров помещения, но дверь не прогорает, значит огонь охватывает полностью одно помещение, форма пожара - прямоугольная.

Sпож15 = а⋅а = 10⋅10 = 100, м2.

Рпож15 = 4⋅а = 40, м.

Фпож15 = 0, м(по периметру пожара нет ни одного отрезка на котором пожар распространяется).

1. ***Определение тротилового эквивалента взрыва паровоздушной среды***

Для определения тротилового эквивалента взрыва паровоздушного облака необходимо знать Q н ацетона. Величину Q н можно рассчитать по закону Гесса или из таблиц. Согласно справочным данным для ксилола Qн = 1668 кДж/моль. Учитывая, что масса 1 моля ксилола равна 58⋅10 -3 кг/моль,

Qн = 1668/58\*10-3 = 28,8\*10-3 кДж/кг

Доля потенциальной энергии, перешедшей в кинетическую энергию

при взрыве облака парогазовой смеси принимается равной γ = 0,4. Энергия взрыва 1 кг тротила Q ТНТ = 4,19⋅10 3 кДж/кг.

Подставляя эти величины в формулу, получим:

MTHT = 28,8\*103 \*500\*0,4/(4,19\*103)= 1375 кг тротила.

Таким образом, взрыв паровоздушного облака, образовавшего 500 кг

ксилола эквивалентен взрыву 1375 кг тротила.

1. ***Определение радиусов зон разрушения***

Безопасное расстояние по действию ударной воздушной волны при

взрыве паровоздушной смеси согласно (36) будет равно

Rбез = 15.

1. ***Исследование возможности снижения пожарной опасности помещения***
2. Ограничением объемов хранения

Объем газа, вышедшего из аппарата определяем:

*V*а = 0,01*P*1*V* (7)

*V*а = 0,01*P*1*V = 0,01\*5\*(170\*4,5) = 38,25 м3*

Расчет *ΔР* для индивидуальных веществ, может быть выполнен по формуле

,

 = 5 кПа.

1. Ограничением площади разлива жидкости

Определяем объем и высоту обвалования. В соответствии с требованиями СНиП вместимость обвалования должна удержать объем разлившейся жидкости при разрушении наибольшего резервуара, в нашем случае 38,25 м3. Таким образом,

Vобв= Sпол \* Нр = 38,25м3; Нр =Vобв : Sпол ,

где: Sпол — полезная площадь обвалования;

Нр — расчетная высота обвалования.

Полезная площадь обвалования равна разности общей площади за минусом площади, которая занята фундаментами и корпусами оставшихся резервуаров. Отмостку РВС принимаем равной 1 м.

Тогда:

Sпол= А\* В - (S2- S3- S4- S5 - S6) =А\* В - 0.785 (D2+2)2 - 0.785(D3+2)2 - 0,785 (D4+2)2 - 0,785(D5+2)2 - 0,785 (D6+2)2 = 170 - 0,785(2,3)2 - 0,785(2,1)2- 0,785(2,1)2 - 0,785(2.2)2 -0,785(17.2)2 = 30,8 м.

Определяем расчетную высоту обвалования Нр = 38,25 : 30,8 = 1,24 м.

Проектная высота обвалования, согласно СНиП, должна быть с запасом не менее 0,2 м.

*Вывод:* Окончательно принимаем проектные размеры обвалования: высоту Нпр = 1,45 м.

1. Устройством аварийной вытяжной вентиляции в помещении

Аварийную вентиляцию в помещениях категорий В, Г и Д делают с искусственным побуждением; допускается применять аварийную вентиляцию с естественным побуждением при условии обеспечения требуемого расхода воздуха при расчетных параметрах Б в теплый период года.

Для аварийной вытяжной вентиляции нужно использовать:

— основные системы вытяжной общеобменной вентиляции с резервными вентиляторами для аварийного расхода воздуха;

— системы аварийной вытяжной вентиляции в дополнение к основным системам (с резервными вентиляторами), если расход воздуха в основных системах не полностью обеспечивает аварийный воздухообмен;

— только системы аварийной вытяжной вентиляции, если использование основных систем невозможно или нецелесообразно;

— только системы аварийной приточной вентиляции для одноэтажных зданий.

Кратность воздухообмена:

L = n \* S \* Н, где:

n — представляет норму кратности воздухообмена,

S — площадь помещения,

Н — высоту помещения

L = 2\*170\*4,5 = 1530

Скорость воздушного потока в помещении при работе аварийной вентиляции определять по формуле:

,

где *l* - длина помещения, м;

n - кратность воздухообмена ч-1.



1. ***Выводы***

Для рассматриваемого помещения площадью 170 м2 и высотой 4,5 м мы рассчитали эквивалент тротила, который равен 1375 кг тротила. Также определили размеры обвалования: высоту Нпр = 1,45 м.

1. **Выбор и обоснование огнетушащих средств**

Для тушения целесообразно применять воду. Вода - наиболее распространённое огнетушащее средство, применяемое для тушения пожара. Благодаря большой теплоемкости и высокой теплоте парообразование вода обладает значительной охлаждающей способностью, а также изолирует горящие вещества и материалы от взаимодействия с окислителем. Учитывая вышесказанное и, зная необходимую интенсивность подачи огнетушащего вещества, на тушение и на защиту перекрытий, соседних и смежных помещений будем подавать ручные перекрывные стволы РСК-50. Пожар

# Список литературы

1. Основная

1. Теоретические основы процессов горения /Кутуев Р.Х., Малинин В.Р.,  
   Кожевникова Н.Ю. и др.: Учебник. - СПб.: СПбВПТШ МВД РФ, 1996.  
   -236с.
2. Решетов А.П., Ловчиков В.А. Теоретические основы процессов горения: Учебно-методическое пособие по решению задач. - СПб: СПбИПБ МВД  
   России, 1997. - 123 с.
3. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. Справочник под редакцией А.Н. Баратова и А.Я. Корольченко - М.:Химия, 1990.
4. Расчет основных показателей пожаровзрывоопасности веществ и материалов: Руководство. – М.: ВНИИПО, 2002. – 77 с.
5. С.И. Таубкин. Пожар и взрыв. Особенности их экспертизы. – М.:ВНИИПО МВД России, 1999. – 600 с.
6. Власов Д.А. Взрыв и его последствия: Учебное пособие. – СПб.: СПбГТИ (ТУ), 2001. – 152 с.

2. Дополнительная

1. Демидов П.Г., Саушев B.C. Горение и свойства горючих веществ: Учебное пособие. М.: ВИПТШ МВД СССР, 1984.
2. Абдурагимов И.М. и др. Физико-химические основы развития и тушения пожаров (Учебное пособие) М.: ВИПТШ МВД СССР, 1980.
3. Химия. Большой энциклопедический словарь / Гл. ред. И.Л. Кнуянц. - М.: Большая Российская энциклопедия, 2000. - 792 с.
4. Пожарная безопасность. Взрывоопасность / А.Н.Баратов, Е.Н.Иванов, А.Н.Корольченко и др. – М.: Химия, 1987.-272с.
5. Пожарная опасность веществ и материалов, применяемых в химической промышленности: Справочник / Под ред. Рябова И.В. – М.: Химия, 1970. – 336 с.
6. Иванников В.П., Клюс П.П. Справочник руководителя тушения пожара. – М.: Стройиздат, 1987
7. Драйздейл Д. Введение в динамику пожаров /Пер. с англ. К.Г. Бомштейна; Под. ред. Ю.А. Кошмарова, В.Е. Макарова. – М.: Стройиздат, 1990. – 424 с.: ил. – Перевод. изд. An Introduction to Fire Dynamics/ D. Drysdale. – John Wiley and Sons, Chichester, 1985. – ISBN 5-274-00771-6.
8. Краткая химическая энциклопедия (в 5-ти томах), 1987.
9. Справочник химика, в 6-ти томах.

3. Нормативно-техническая

1. ГОСТ 2.105-95 ЕСКД. Общие требования к текстовым документам.
2. ГОСТ 7.1-84. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическое описание документа. Общие требования и правила составления.
3. ГОСТ 7.9-95. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Реферат и аннотация. Общие требования.
4. ГОСТ 7.32-2001. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления.
5. ГОСТ 12.1.004-91\* Пожарная безопасность. Общие требования.
6. ГОСТ 12.1.044-89. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения.
7. ГОСТ Р 12.3.047-98 Пожарная безопасность технологических процессов
8. НПБ 105-03 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.
9. Пособие по применению НПБ 105-95 "Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности" при рассмотрении проектно-сметной документации /Шебеко Ю.Н. и др. - М.: ВНИИПО, 1998. - 119 с
10. ПУЭ-85. Правила устройства электроустановок / Минэнерго СССР. - М.: Энергоатомиздат, 1986. - 648 с.
11. ПБ 09-170-97 Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств