

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
(ВлГУ)**

Институт машиностроения и автомобильного транспорта  
Кафедра «Автотранспортная и техносферная безопасность»

**Методические указания к лабораторно-практическим занятиям  
по дисциплине «Пожарная безопасность технологических процессов»  
для студентов ВлГУ, обучающихся по направлению  
20. 03.01 Техносферная безопасность**

составитель Туманова Н.И.

Владимир – 2016г.

Задачами выполнения предлагаемых заданий дисциплины являются:

- выявление факта потенциальной пожаро или взрывоопасности веществ и материалов, используемых в технологических процессах в различных отраслях промышленности и необходимости разработки и использования защитных мероприятий, обеспечивающих допустимый уровень риска;
- освоение методик определения взрывной или пожарной опасности веществ и материалов, а также классификации процессов с взрывопожарной технологией;
- овладение методологией разработки мероприятий по защите зданий и сооружений от опасного фактора воздействия;
- овладение методологией прогнозирования и принятия решений в условиях чрезвычайных ситуаций.

### Введение

Горение - сложный физико-химический процесс взаимодействия горючего вещества и окислителя, характеризующийся самоускоряющимся химическим превращением и сопровождающийся выделением большого количества тепла и света.

Для возникновения и развития горения необходимы: горючее вещество, окислитель и источник воспламенения.

Пожарная и взрывная опасность веществ и материалов определяется показателями (свойствами) характеризующими предельные условия возникновения процесса горения. Набор таких показателей зависит от агрегатного состояния и физико-химических свойств горючих материалов.

В простейшем случае, когда горючим материалом является газообразное вещество, основными показателями являются: концентрационные пределы распространения пламени (КП) или нижний и верхний концентрационные пределы воспламенения (НКПВ, ВКПВ), скорость распространения пламени, минимальное взрывоопасное содержание кислорода (МВСК), температура самовоспламенения (ТС), давление взрыва (Р), [2,3,5,6].

При оценке пожароопасности жидкости к вышеперечисленным показателям, характеризующим газообразные горючие вещества, добавляются следующие: температура вспышки ( $T_{всп}$ ), температура воспламенения (ТВ).

Легковоспламеняющиеся и горючие жидкости, а также твердые вещества, сгорают в газовой или паровой фазе. Над поверхностью всех жидкостей присутствуют их пары, концентрация которых зависит от температуры жидкости и упругости ее насыщенного пара.

При нагревании горючей жидкости концентрация ее паров в воздухе (над поверхностью испарения) возрастает и при определенной температуре достигает нижнего концентрационного предела, при котором горючая смесь паров жидкости с воздухом может воспламениться, если есть внешний источник зажигания. Такая температура называется **температурой вспышки горючей жидкости**.

Под **вспышкой** понимается быстрое сгорание горючей смеси, не сопровождающееся образованием сжатых газов.

**Температура вспышки** - минимальная температура горючего вещества, при которой над его поверхностью образуются пары или газы способные вспыхивать от источника зажигания, но скорость их образования еще недостаточна для последующего горения.

По температуре вспышки горючие жидкости делятся на легковоспламеняющиеся жидкости (ЛВЖ), для которых  $T_{всп} < 61^\circ\text{C}$  и горючие жидкости (ГЖ), для которых  $T_{всп} > 61^\circ\text{C}$ .

Каждая горючая жидкость, кроме температуры вспышки характеризуется температурой воспламенения и самовоспламенения.

**Температура воспламенения** - минимальная температура горючего вещества, при которой при поднесении источника воспламенения появляется устойчивое горение продолжительностью не менее 5 секунд.

Разница между  $T_{всп}$  и  $T_{воспл}$  для ЛВЖ составляет 1...5°C, а для ГЖ эта разница может достигать десятков°C.

**Самовоспламенение** - процесс возникновения горения в результате самопроизвольно ускоряющейся, при определенных условиях, реакции окисления горючего вещества до перехода в реакцию горения.

**Температура самовоспламенения** - минимальная температура горючего вещества, при которой происходит резкое увеличение скорости экзотермической реакции, заканчивающейся возникновением пламенного горения.

Пожарная опасность твердых веществ и материалов характеризуется их склонностью к **возгоранию** и **самовозгоранию**, а также их **горючестью** [2,3,5].

Взрывоопасность аэрозолей характеризуется следующими параметрами: НКП, МВСК,  $dp/dt$ ,  $P_{max}$ .

Исходя из свойств веществ и условий их применения или обработки, все производства и склады подразделяются по взрывопожарной опасности на пять категорий [1,2,3].

Качественными показателями категорирования являются агрегатные состояния горючих веществ, способных создавать взрывопожароопасные среды и температуры вспышки, в случае использования ЛВЖ или ГЖ в технологическом процессе.

В зависимости от категории назначаются нормативные требования по планировке, застройке, этажности, выбору строительных материалов и конструкций, инженерного оборудования и т. п.

### **Классификация пожаров**

Пожары классифицируются по виду горючего материала и подразделяются на следующие классы:

- 1) пожары твердых горючих веществ и материалов (А);
- 2) пожары горючих жидкостей или плавящихся твердых веществ и материалов (В);
- 3) пожары газов (С);
- 4) пожары металлов (D);
- 5) пожары горючих веществ и материалов электроустановок, находящихся под напряжением (Е);
- 6) пожары ядерных материалов, радиоактивных отходов и радиоактивных веществ (F).

### **Определение категории зданий, сооружений, строений и помещений по пожарной и взрывопожарной опасности**

1. По пожарной и взрывопожарной опасности помещения производственного и складского назначения независимо от их функционального назначения подразделяются на следующие категории:

- 1) повышенная взрывопожароопасность (А);
- 2) взрывопожароопасность (Б);
- 3) пожароопасность (В1-В4);
- 4) умеренная пожароопасность (Г);
- 5) пониженная пожароопасность (Д).

2. Здания, сооружения, строения и помещения иного назначения разделению на категории не подлежат.

3. Категории помещений по пожарной и взрывопожарной опасности определяются исходя из вида находящихся в помещениях горючих веществ и материалов, их количества и пожароопасных свойств, а также исходя из объемно-планировочных решений помещений и характеристик проводимых в них технологических процессов.

4. Определение категорий помещений следует осуществлять путем последовательной проверки принадлежности помещения к категориям от наиболее опасной (А) к наименее опасной (Д).

5. К **категории А** относятся помещения, в которых находятся (обращаются) горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28 градусов Цельсия в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные парогазовоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 килопаскалей, и (или) вещества и материалы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом, в таком количестве, что расчетное избыточное давление взрыва в помещении превышает 5 килопаскалей.

6. К **категории Б** относятся помещения, в которых находятся (обращаются) горючие пыли или волокна, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки более 28 градусов Цельсия, горючие жидкости в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные пылевоздушные или паровоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 килопаскалей.

7. К **категориям В1-В4** относятся помещения, в которых находятся (обращаются) горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они находятся (обращаются), не относятся к категории А или Б.

8. Отнесение помещения к **категории В1, В2, В3 или В4** осуществляется в зависимости от количества и способа размещения пожарной нагрузки в указанном помещении и его объемно-планировочных характеристик, а также от пожароопасных свойств веществ и материалов, составляющих пожарную нагрузку.

9. К **категории Г** относятся помещения, в которых находятся (обращаются) негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени, и (или) горючие газы, жидкости и твердые вещества, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива.

10. К **категории Д** относятся помещения, в которых находятся (обращаются) негорючие вещества и материалы в холодном состоянии.

11. Категории зданий, сооружений и строений по пожарной и взрывопожарной опасности определяются исходя из доли и суммированной площади помещений той или иной категории опасности в этом здании, сооружении, строении.

12. Здание относится к категории А, если в нем суммированная площадь помещений категории А превышает 5 процентов площади всех помещений или 200 квадратных метров.

13. Здание не относится к категории А, если суммированная площадь помещений категории А в здании не превышает 25 процентов суммированной площади всех размещенных в нем помещений (но не более 1000 квадратных метров) и эти помещения оснащаются установками автоматического пожаротушения.

14. Здание относится к категории Б, если одновременно выполнены следующие условия: здание не относится к категории А и суммированная площадь помещений категорий А и Б превышает 5 процентов суммированной площади всех помещений или 200 квадратных метров.

15. Здание не относится к категории Б, если суммированная площадь помещений категорий А и Б в здании не превышает 25 процентов суммированной площади всех размещенных в нем помещений (но не более 1000 квадратных метров) и эти помещения оснащаются установками автоматического пожаротушения.

16. Здание относится к категории В, если одновременно выполнены следующие условия: здание не относится к категории А или Б и суммированная площадь помещений

категорий А, Б, В1, В2 и В3 превышает 5 процентов (10 процентов, если в здании отсутствуют помещения категорий А и Б) суммированной площади всех помещений.

17. Здание не относится к категории В, если суммированная площадь помещений категорий А, Б, В1, В2 и В3 в здании не превышает 25 процентов суммированной площади всех размещенных в нем помещений (но не более 3500 квадратных метров) и эти помещения оснащаются установками автоматического пожаротушения.

18. Здание относится к категории Г, если одновременно выполнены следующие условия: здание не относится к категории А, Б или В и суммированная площадь помещений категорий А, Б, В1, В2, В3 и Г превышает 5 процентов суммированной площади всех помещений.

19. Здание не относится к категории Г, если суммированная площадь помещений категорий А, Б, В1, В2, В3 и Г в здании не превышает 25 процентов суммированной площади всех размещенных в нем помещений (но не более 5000 квадратных метров) и помещения категорий А, Б, В1, В2 и В3 оснащаются установками автоматического пожаротушения.

20. Здание относится к категории Д, если оно не относится к категории А, Б, В или Г.

21. Методы определения классификационных признаков отнесения зданий и помещений производственного и складского назначения к категориям по пожарной и взрывопожарной опасности устанавливаются нормативными документами по пожарной безопасности.

22. Категории зданий, сооружений, строений и помещений производственного и складского назначения по пожарной и взрывопожарной опасности указываются в проектной документации на объекты капитального строительства и реконструкции.

Количественным показателем категорирования является максимально возможное избыточное давление  $\Delta P$ , развиваемое при сгорании взрывоопасной смеси, которая может образоваться в помещении.

### **Классификация зданий, сооружений, строений и пожарных отсеков по функциональной пожарной опасности**

1. Здания (сооружения, строения, пожарные отсеки и части зданий, сооружений, строений - помещения или группы помещений, функционально связанные между собой) по классу функциональной пожарной опасности в зависимости от их назначения, а также от возраста, физического состояния и количества людей, находящихся в здании, сооружении, строении, возможности пребывания их в состоянии сна подразделяются на:

1) Ф1 - здания, предназначенные для постоянного проживания и временного пребывания людей, в том числе:

а) Ф1.1 - здания детских дошкольных образовательных учреждений, специализированных домов престарелых и инвалидов (неквартирные), больницы, спальные корпуса образовательных учреждений интернатного типа и детских учреждений;

б) Ф1.2 - гостиницы, общежития, спальные корпуса санаториев и домов отдыха общего типа, кемпингов, мотелей и пансионатов;

в) Ф1.3 - многоквартирные жилые дома;

г) Ф1.4 - многоквартирные жилые дома, в том числе блокированные;

2) Ф2 - здания зрелищных и культурно-просветительных учреждений, в том числе:

а) Ф2.1 - театры, кинотеатры, концертные залы, клубы, цирки, спортивные сооружения с трибунами, библиотеки и другие учреждения с расчетным числом посадочных мест для посетителей в закрытых помещениях;

б) Ф2.2 - музеи, выставки, танцевальные залы и другие подобные учреждения в закрытых помещениях;

в) Ф2.3 - здания учреждений, указанные в подпункте "а" настоящего пункта, на открытом воздухе;

- г) Ф2.4 - здания учреждений, указанные в подпункте "б" настоящего пункта, на открытом воздухе;
- 3) Ф3 - здания организаций по обслуживанию населения, в том числе:
- а) Ф3.1 - здания организаций торговли;
  - б) Ф3.2 - здания организаций общественного питания;
  - в) Ф3.3 - вокзалы;
  - г) Ф3.4 - поликлиники и амбулатории;
  - д) Ф3.5 - помещения для посетителей организаций бытового и коммунального обслуживания с нерасчетным числом посадочных мест для посетителей;
  - е) Ф3.6 - физкультурно-оздоровительные комплексы и спортивно-тренировочные учреждения с помещениями без трибун для зрителей, бытовые помещения, бани;
- 4) Ф4 - здания научных и образовательных учреждений, научных и проектных организаций, органов управления учреждений, в том числе:
- а) Ф4.1 - здания общеобразовательных учреждений, образовательных учреждений дополнительного образования детей, образовательных учреждений начального профессионального и среднего профессионального образования;
  - б) Ф4.2 - здания образовательных учреждений высшего профессионального образования и дополнительного профессионального образования (повышения квалификации) специалистов;
  - в) Ф4.3 - здания органов управления учреждений, проектно-конструкторских организаций, информационных и редакционно-издательских организаций, научных организаций, банков, контор, офисов;
  - г) Ф4.4 - здания пожарных депо;
- 5) Ф5 - здания производственного или складского назначения, в том числе:
- а) Ф5.1 - производственные здания, сооружения, строения, производственные и лабораторные помещения, мастерские;
  - б) Ф5.2 - складские здания, сооружения, строения, стоянки для автомобилей без технического обслуживания и ремонта, книгохранилища, архивы, складские помещения;
  - в) Ф5.3 - здания сельскохозяйственного назначения.
2. Правила отнесения зданий, сооружений, строений и пожарных отсеков к классам по конструктивной пожарной опасности определяются в нормативных документах по пожарной безопасности.

### **Классификация строительных конструкций по пожарной опасности**

1. Строительные конструкции по пожарной опасности подразделяются на следующие классы:

- 1) непожароопасные (К0);
- 2) малопожароопасные (К1);
- 3) умереннопожароопасные (К2);
- 4) пожароопасные (К3).

2. Класс пожарной опасности строительных конструкций определяется в соответствии с #М12293 0 902111644 0 0 0 0 0 2401387241 таблицей 6 приложения#S к настоящему Федеральному закону.

3. Численные значения критериев отнесения строительных конструкций к определенному классу пожарной опасности определяются в соответствии с методами, установленными нормативными документами по пожарной безопасности.

### **ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ**

**Определение максимально возможной массы горючих веществ при их аварийном выбросе, исходя из условий непожаровзрывоопасности помещения**

Метод расчета рекомендован ГОСТ 12.1.004 – 85 для помещений, где обращаются горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости и горючие пыли. Он позволяет

определить максимально возможную массу  $m_{\max}$  горючих веществ при аварийном выбросе которых еще можно относить помещение к непожаровзрывоопасным:

$$m_{\max} = \frac{\Delta p_{\text{дон}} \cdot C_{\text{см}} \cdot V_{\text{св}} \cdot \rho}{\Delta p_{\max} \cdot 100 \cdot z}$$

где  $\Delta p_{\text{дон}}$  - предельно допустимый рост давления для конструкций зданий и оборудования; допускается принимать значения, равные максимальному избыточному давлению, приводящему к повреждению строительных конструкций; обычно =5 кПа;

$\rho$  – плотность воздуха в помещении, кг/м<sup>3</sup>;

$C_{\text{см}}$  – стехиометрическая концентрация горючего газа или пара, об. % ,

$$C_{\text{см}} = \frac{100}{1 + 4,84 \cdot \beta_1} ;$$

$$\beta_1 = n_c + \frac{n_H - n_x}{4} - \frac{n_O}{2}$$

здесь  $\beta_1$  - стехиометрический коэффициент кислорода в реакции сгорания;

$n_c, n_H, n_O, n_x$  – число атомов С, Н, О и галоидов в молекуле горючего;

$V_{\text{св}}$  – свободный объем помещения, принимаемый равным 80% геометрического объема помещения, м<sup>3</sup>;

$\Delta p_{\max}$  - избыточное давление взрыва стехиометрической газовой смеси, допускается принимать = 800 кПа;

$Z$  – коэффициент участия горючей среды во взрыве, который может быть рассчитан на основе данных о распределении газа в помещении, допускается принимать значения из табл. 1.

Таблица 1

Вид горючего вещества	Z
Водород	1,0
ГГ (кроме водорода)	0,5
ЛВЖ и ГЖ, нагретые до температуры вспышки и выше	0,3
ЛВЖ и ГЖ, нагретые ниже температуры вспышки, при наличии возможности образования аэрозоля	0,3
То, же при отсутствии возможности образования аэрозоля	0

Максимально возможную массу горючей пыли, при аварийном выбросе которой еще можно относить помещение к невзрывопожароопасным, вычисляется по формуле:

$$m_{\max} = \frac{\Delta p_{\text{дон}} C_p \rho V_{\text{св}} T_0}{\rho_0 q Z_n}$$

где  $C_p$  – удельная теплоемкость воздуха при постоянном давлении, кДж/(кг·К);

$T_0$  – температура воздуха в помещении, К;

– плотность воздуха в помещении, кг/м<sup>3</sup>;

$Q$  – удельная теплота сгорания горючей пыли, кДж/кг;

$Z_n$  – коэффициент участия пыли во взрыве; определяется экспериментально, при отсутствии данных принимается равным 1;

$P_0$  – атмосферное давление, кПа.

#### ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ

##### ***Расчет массы горючих газов, паров ЛВЖ и горючих пылей, поступающих в помещение***

В качестве расчетного следует выбирать наиболее неблагоприятный вариант аварии или период нормальной работы аппаратов, при котором во взрыве участвует наибольшее количество веществ или материалов, наиболее опасных в отношении последствий взрыва.

Варианты аварии и количество поступивших в помещение веществ, которые могут образовывать взрывоопасные газовоздушные или паровоздушные смеси, определяются исходя из следующих предпосылок.

1. Происходит авария одного из аппаратов, все содержимое аппарата поступает в помещение и одновременно происходит утечка вещества из трубопроводов, питающих аппарат по прямому и обратному потоку в течение времени, необходимого для отключения трубопроводов. Время отключения трубопроводов определяется в каждом конкретном случае исходя из реальной обстановки и должно быть минимальным с учетом паспортных данных на запорные устройства, характера технологического процесса и вида расчетной аварии. Под временем отключения  $t$  следует понимать промежуток времени от начала возможного поступления горючего вещества из трубопровода (перфорация, разрыв и т. п.) до полного прекращения поступления ГГ или ЛВЖ в помещение. Время с начала аварии до отключения трубопроводов принимается равным удвоенному времени отключения насосов, срабатывания задвижки, отсекателя или вентиля по паспортным данным при автоматическом отключении и равным 900 с при ручном отключении.

2. 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 м<sup>2</sup>, а остальных жидкостей - на 1 м<sup>2</sup> пола помещения; происходит также испарение жидкости из емкостей, эксплуатируемых с открытым зеркалом жидкости, или со свежеокрашенных поверхностей. Длительность испарения жидкости принимается равной времени ее полного испарения 3600 с.

3. Аварии предшествовало пыленакопление в производственном помещении, происходящее в условиях нормального режима работы (пылевыделение из негерметичного производственного оборудования).

4. В момент аварии произошла внезапная разгерметизация одного из технологических аппаратов, за которой последовал аварийный выброс в помещение всей находящейся в аппарате пыли.

##### ***Определение массы поступивших в помещение горючих веществ***

Массу  $m$  горючего газа, вышедшего в результате аварии в помещение, определяют по формуле

$$m = (V_A + V_T) \cdot \rho_{\Gamma}$$

где  $V_A$  – объем газа, вышедшего из аварийного аппарата, м<sup>3</sup>;

$V_T$  – объем газа, вышедшего из аварийного трубопровода до его отключения, м<sup>3</sup>;

$\rho_{\Gamma}$  – плотность горючего газа, кг/м<sup>3</sup>



$$V_A = 0,01 \cdot P_A \cdot V_{АП},$$

$$V_T = V_{1T} + V_{2T},$$

где  $P_A$  - давление в аппарате, кПа;

$V_{АП}$  - объем аппарата, м<sup>3</sup>;

$V_{1T}$  - объем газа, вышедший из трубопровода до его отключения, м<sup>3</sup>;

$V_{2T}$  - объем газа, вышедший из трубопровода после его отключения, м<sup>3</sup>

$$V_{1T} = Q \cdot t; Q = S \cdot W,$$

где  $t$  - время до отключения оборудования, с;

$Q$  - расход газа, м<sup>3</sup>/с;

$S$  - площадь сечения трубопровода, м<sup>2</sup>;

$W$  - скорость истечения газа, м/с;

$$V_{2T} = 0,01 \cdot \pi \cdot P_T \cdot (r_1^2 \cdot L_1 + r_2^2 \cdot L_2 + \dots + r_n^2 \cdot L_n),$$

где  $P_T$  - давление в трубопроводе, кПа;

$r_1, L_1, \dots, r_n, L_n$  - радиус и длина участков трубопровода от аппарата до задвижек,

м.

В случае поступления в помещение паров ЛВЖ и ГЖ, что имеет место при работах с лакокрасочными материалами, величина рассчитывается по формуле:

$$m = m_p + m_{емк} + m_{св.окр},$$

где  $m_p$  - масса испарившейся жидкости с поверхности разлива, кг;

$m_{емк}$  - то же, из открытой емкости, кг;

$m_{св.окр}$  - то же, со свежеекрашенных поверхностей, кг;

При этом каждое слагаемое определяется по формуле

$$m_p = W_{исп} \cdot F_{п} \cdot T,$$

$$m_{емк} = W_{исп} \cdot F_{п} \cdot T,$$

$$m_{св.окр} = W_{исп} \cdot F_{п} \cdot T,$$

где  $W_{исп}$  - интенсивность испарения ЛВЖ с поверхности, при расчетной температуре, кг/(м<sup>2</sup>·с);

$F_{п}$  - площадь испарения ЛВЖ, м<sup>2</sup>, определяется в зависимости от массы жидкости, вышедшей в помещение (1 л лакокрасочных материалов разливается на горизонтальной поверхности на 1 м);

$T$  - время полного испарения ЛВЖ, но не более 3600 с, с;

$$W_{исп} = 10^{-6} \cdot \eta \cdot \sqrt{M} \cdot P_{нас},$$

где  $\eta$  - коэффициент, учитывающий скорость и температуру воздушного потока над поверхностью жидкости, (см. табл. 2);

$M$  - молярная масса испаряющегося вещества, г/моль;

$P_{нас}$  - давление насыщенных паров при заданной температуре жидкости, кПа, определяется по справочным данным[4].

Таблица 2

Значения коэффициента

Скорость воздушного потока, м/с	Значения при температуре воздуха в помещении, °С				
	10	15	20	30	35
0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
0,1	3,0	2,6	2,4	1,8	1,6
0,2	4,6	3,8	3,5	2,4	2,3
0,5	6,6	5,7	5,4	3,6	3,2
1,0	10,0	8,7	7,7	5,6	4,6

Массу взвешенной в объеме пыли  $m_{пл}$ , поступившей в помещение в результате аварийной ситуации, определяют по формуле

$$m_{пл} = m_{ав} + m_{вз},$$

где  $m_{ав}$  - масса пыли, поступившей в помещение из аппарата в результате аварийной ситуации, кг;

$m_{вз}$  - масса взвихрившейся пыли, кг;

Массу пыли, поступившей из аппарата, определяют по формуле:

$$m_{ав} = (m_{ап} + Q_{ап} \cdot \tau) \cdot k_{п},$$

где  $m_{ап}$  - максимальная масса горючей пыли, выбрасываемой при аварии из аппарата в помещение, кг;

$Q_{ап}$  - расход пыли, поступающей в аварийный аппарат по трубопроводам до момента их отключения, кг/с;

$\tau$  - время отключения, с;

$k_{п}$  - коэффициент запыления, представляющий отношение массы взвешенной в воздухе пыли ко всей пыли, поступившей в помещение из аппарата. Значения принимаются: для гранулированных веществ – 0,1; для сыпучих с объемной массой до 500 кг/м<sup>3</sup>-и выше - 0,2; для тонкодисперсионной пыли с дисперсностью до 350 мкм – 0,1.

Массу взвихрившейся пыли  $m_{вз}$  определяют по формуле:

$$m_{вз} = \frac{K_{г}}{K_{у}} \cdot (m_1 + m_2)$$

где  $K_{г}$  — доля горючей пыли в общей массе отложений пыли;

$K_{у}$  — коэффициент эффективности пылеуборки;

$m_1$  — масса пыли, оседающей на труднодоступных для уборки поверхностях в помещении за период времени между генеральными уборками, кг;

$m_2$  — масса пыли, оседающей на доступных для уборки поверхностях в помещении за период времени между текущими уборками, кг.

В таблице 3 приведены значения коэффициента в зависимости от вида уборки пыли.

Таблица 3

Ручная		Механизированная	
сухая	влажная	пол ровный	пол с выбоинами (до 5% площади)
0,6	0,7	0,9	0,7

К труднодоступным для уборки помещениям относят такие поверхности в производственных помещениях, которые очищают только при генеральных уборках пыли.

Доступными для уборки местами являются поверхности, пыль с которых удаляется в процессе текущих уборок (ежесменно, ежесуточно и т. п.).

Масса пыли  $m_i$  ( $i=1, 2$ ), оседающей на различных поверхностях в помещении за междууборочный период, определяется по формуле

$$m_i = M_i(1 - \alpha)\beta_i, (i=1,2)$$

где  $M_i = \sum M_{1j}$  — масса пыли, выделяющейся в объем помещения за период времени между генеральными уборками пыли, кг;

$M_{1j}$  — масса пыли, выделяемая единицей пылящего оборудования за указанный период, кг;

$\alpha$  — доля выделяющейся в объем помещения пыли, которая удаляется вытяжными вентиляционными системами. В отсутствие экспериментальных данных принимают  $\alpha = 0$ ;

$\beta_1, \beta_2$  — доли выделяющейся в объем помещения пыли, оседающей соответственно на труднодоступных и доступных для уборки поверхностях помещения ( $\beta_1 + \beta_2 = 1$ ).

При отсутствии сведений о величине коэффициентов  $\beta_1$  и  $\beta_2$  допускается полагать  $\beta_1 = 1, \beta_2 = 0$ .

Значение  $M_i$  ( $i=1, 2$ ) можно также определить экспериментально (или по аналогии с действующими образцами производств) в период максимальной загрузки оборудования по формуле

$$M_i = \sum_i (G_{ij} F_{ij}) \tau_i$$

где  $G_{ij}$  — интенсивность пылеотложений соответственно на труднодоступных  $F_{1j}$  (м<sup>2</sup>) и доступных  $F_{2j}$  (м<sup>2</sup>) площадях, кг·м<sup>-2</sup>·с<sup>-1</sup>;

$\tau_1, \tau_2$  — промежуток времени соответственно между генеральными и текущими уборками пыли, с.

#### ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ

Расчет размеров пожаровзрывоопасных зон при поступлении в помещение горючих газов и легковоспламеняющихся жидкостей

Расстояние  $X_{НКПВ}$ ,  $Y_{НКПВ}$ ,  $Z_{НКПВ}$  соответственно по осям  $x, y, z$  от источника поступления газа, ограниченные нижним концентрационным пределом воспламенения, рассчитывают по формулам:

$$X_{НКПВ} = k_1 \cdot L \cdot \sqrt{(k_2 \cdot \ln \frac{\delta \cdot c_0}{НКПВ})};$$

$$Y_{НКПВ} = k_1 \cdot S \cdot \sqrt{(k_2 \cdot \ln \frac{\delta \cdot c_0}{НКПВ})};$$

$$Z_{НКПВ} = k_3 \cdot H \cdot \sqrt{(k_2 \cdot \ln \frac{\delta \cdot c_0}{НКПВ})};$$

где  $k_1$  — коэффициент, принимаемый равным 1,1214 для ГГ и 1,1958 для паров ЛВЖ;

$k_2$  — коэффициент, принимаемый равным 1 для ГГ и  $k_2 = \frac{t_{и}}{3600}$  для ЛВЖ;

$t_{и}$  — время полного испарения;

$k_3$  — коэффициент, принимаемый равным 0,0253 для ГГ при отсутствии подвижной воздушной среды; 0,04714 для паров ЛВЖ при отсутствии подвижности воздушной среды и 0,3536 для паров ЛВЖ при подвижности воздушной среды;

$L, S, H$  — длина, ширина и высота помещения соответственно, м;

$\delta$  - допустимые отклонения концентрации при задаваемом уровне значимости  $Q$ , приведенные в таблице; Значение уровня зависимости  $Q$  выбирают исходя из особенностей технологического процесса; допускается принимать  $Q=0,05$ ;

$c_0$  – концентрация, об. %; для ГГ при отсутствии подвижности воздушной среды

$$c_0 = 3,77 \cdot 10^3 \cdot \frac{m_z}{\rho \cdot V_B};$$

для паров ЛВЖ при отсутствии подвижности воздушной среды

$$c_0 = c_H \cdot \left( \frac{m_z \cdot 100}{c_H \cdot \rho \cdot V_B} \right)^{0,41};$$

при подвижности воздушной среды

$$c_0 = c_H \cdot \left( \frac{m_z \cdot 100}{c_H \cdot \rho \cdot V_B} \right)^{0,46};$$

$V_B$  – скорость движения воздуха, м/с;

$c_H$  - концентрация насыщенных паров при расчетной температуре воздуха в помещении, об.%;

$$c_H = 100 \cdot \frac{P_H}{P_0},$$

где  $P_H$  – давление насыщенных паров при расчетной температуре, кПа;

$P_0$  – атмосферное давление равное 101 кПа.

В качестве расчетной температуры следует принимать максимально возможную температуру воздуха в данном помещении в соответствующей климатической зоне или максимально возможную температуру воздуха по технологическому регламенту с учетом возможного повышения температуры в аварийной ситуации. Если такого значения расчетной температуры по каким либо причинам определить не удастся, допускается принимать ее равной 61 0С.

Размеры (радиус  $R$  и высоту  $h$ ) пожаровзрывоопасной зоны определяют исходя из значений  $R > R_{кр}$  и для горючих газов

$$h > h_{кр} + R,$$

где  $h_{кр}$  – высота источника поступления газа от пола помещения для ГГ тяжелее воздуха и от потолка помещения для ГГ легче воздуха; для паров ЛВЖ  $h > h_{кр}$ .

Для ГГ пожаровзрывоопасная зона геометрически будет представлять цилиндр с радиусом  $R_{основания}$  и высотой

$$h = 2R \text{ при } R < h_{кр}$$

$$h = h_{кр} + R \text{ при } R > h_{кр},$$

внутри которого расположен источник выделения ГГ.

Для паров ЛВЖ пожаровзрывоопасная зона будет представлять цилиндр радиусом  $R_{основания}$  и высотой

$$h = \text{при } h_{кр} <$$

$$h = h_{кр} + \text{при } h_{кр} >. \text{ За начало отсчета принимают внешние габаритные размеры}$$

установки. Во всех случаях значения  $R_{основания}$  для ГГ и паров ЛВЖ должны быть не менее 0,3 м.

Расстояния  $R_{удаления}$ , могут быть использованы для расчета коэффициента  $Z_{участия}$  горючей среды во взрыве.

Для случая  $100 \cdot m_{ГГ} \cdot (\rho_{у} \cdot V_{св}) < 0,5 \cdot \text{НКПВ}$  и подвижности воздушной среды  $v < 3 \text{ м/с}$ , коэффициент  $Z_{участия}$  ГГ рассчитывается при  $< 0,5 \cdot L$  и  $< 0,5 \cdot S_{по}$  по формуле:

$$Z = \frac{5 \cdot 10^{-3} \cdot \pi}{m_z} \cdot \rho \cdot \left( c_0 + \frac{НКПВ}{\delta} \right) \cdot X_{НКПВ} \cdot Y_{НКПВ} \cdot Z_{НКПВ}$$

при  $>0,5 \cdot L$  и  $>0,5 \cdot S$  по формуле:

$$Z = \frac{5 \cdot 10^{-3} \cdot \pi}{m_z} \cdot \rho \cdot \left( c_0 + \frac{НКПВ}{\delta} \right) \cdot F \cdot Z_{НКПВ}$$

где  $m_z$  – масса ГГ поступающего в объем помещения;

$F$  – площадь пола помещения, м<sup>2</sup>.

Таблица 4

Значения допустимых отклонений  $\delta$  концентрации при уровне значимости Q

ХАРАКТЕР РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИЙ	Q	
Для ГГ при отсутствии подвижности воздушной среды	0,1	1,229
	0,05	1,38
	0,01	1,53
	0,003	1,63
	0,001	1,7
	0,000001	2,04
Для ГГ при подвижности воздушной среды	0,1	1,29
	0,05	1,37
	0,01	1,52
	0,003	1,62
	0,001	1,7
	0,000001	2,03
Для паров ЛВЖ при отсутствии подвижности воздушной среды	0,1	1,19
	0,05	1,25
	0,01	1,35
	0,003	1,41
	0,001	1,46
	0,000001	1,68
Для паров ЛВЖ при подвижности воздушной среды	0,1	1,21
	0,05	1,27
	0,01	1,38
	0,003	1,45
	0,001	1,51
	0,000001	1,75

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ

Определение избыточного давления

Для горючих газов, паров легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, состоящих из атомов С, Н, О, N, Cl, F, I, Br, избыточное давление взрыва определяется по формуле,

$$\Delta p = (p_{\max} - p_0) \cdot \frac{m_z \cdot Z}{\rho \cdot V_{св}} \cdot \frac{100}{C_{СТ}} \cdot \frac{1}{K_H},$$

преобразованной к виду

где  $p_{\max}$  - максимальное давление взрыва стехиометрической газозвушной или парозвушной смеси в замкнутом объеме, определяемое экспериментально или по

справочным данным; при отсутствии данных допускается принимать  $p_{\max} = 900$  кПа,  $p_0 = 101$  кПа;

– масса горючих газов или паров легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, поступивших в результате аварии в помещение, кг;

– свободный объем помещения, м<sup>3</sup>; определяется как разность между объемом помещения, занимаемым технологическим оборудованием; если свободный объем

помещения определить невозможно, то его допускается брать условно равным 80% геометрического объема помещения;

$K_H$  – коэффициент, учитывающий негерметичность помещения и неадиабатичность процесса горения; допускается принимать =3.

- масса ГГ, ЛВЖ или ГЖ, вышедших в результате расчетной аварии в помещение, кг;

$Z$  - коэффициент участия горючего при сгорании газопаровоздушной смеси, определяется по справочным данным;

- плотность горючего газа или пара при расчетной температуре, кг/м<sup>3</sup>;

$$\rho = \frac{M}{V_0 \cdot (1 + 0,00367 \cdot t_p)},$$

где  $M$  - молярная масса, г/моль;

$V_0$  - молярный объем, равный 22,413 м<sup>3</sup>/кмоль;

$t_p$  - расчетная температура, оС.

В качестве расчетной температуры следует принимать максимально возможную температуру воздуха в данном помещении.

Избыточное давление  $\Delta p$ , образовавшееся при взрыве газовой смеси определяют

$$\Delta p = \frac{m \cdot H \cdot p_0 \cdot Z}{V_{св} \cdot \rho \cdot C_p \cdot T_0 \cdot k_H},$$

из выражения:

где  $H$  - теплота сгорания горючего вещества, кДж; (для нефтепродуктов, растворителей =40·10<sup>3</sup>кДж/кг);

-начальное давление, допускается  $p_0 = p_{атм} = 101$  кПа;

$Z$ -коэффициент, учитывающий попадание ГГ в зону образования взрывной среды, для ГГ  $Z=0,5$ ; для ЛВЖ  $Z=0,3$ , для пыли  $Z=0,5$

-масса горючего вещества или паров, кг;

-свободный объем помещения, м<sup>3</sup>(с учетом оборудования);

$C_p$  -удельная теплоемкость газовой среды в помещении, кДж/(кг·К)

-плотность газовой среды в помещении до взрыва, кг/м<sup>3</sup>, допустимо принять равной плотности воздуха при заданной температуре в помещении, при  $t=20$ °С, =1,2 кг/м<sup>3</sup>);

$k_H$  -коэффициент, учитывающий работу аварийной вентиляции. Определяется по формуле

$$k_H = A \cdot t + 1,$$

где  $A$  - кратность воздухообмена в помещении;

- продолжительность аварии или время поступления ГГ в помещение, ч;

$T_0$  -температура в помещении,°К;

$Z$  -коэффициент, учитывающий попадание ГГ в зону образования взрывной Среды, для ГГ  $Z=0,5$ ; для ЛВЖ  $Z=0,3$ , для пыли  $Z=0,5$ .

Расчет избыточного давления взрыва для гибридных взрывоопасных смесей, содержащих газы и пыли, определяются по формуле:

$$\Delta p = \Delta p_1 + \Delta p_2,$$

где  $\Delta p_1$  - давление взрыва, вычисленное для газа;

$\Delta p_2$  - давление взрыва вычисленное для пыли.

#### ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ

Выявление необходимости устройства аварийной вентиляции в производственном помещении

В соответствии со СНиП 2.04.05-86 “Отопление, вентиляция и кондиционирование” [7] аварийную вентиляцию надлежит проектировать в помещениях в которых возможно

образование взрывоопасной газо-, паро- или пылевоздушной смеси в 5 % объема помещения.

Величину локального объема взрывоопасной смеси, способной образоваться в помещении, определяют в соответствии с “Указаниями по определению категории производств по взрывной, взрывопожароопасной и пожарной безопасности” СН 463 - 74.

1. Определяют объем ( $V$ , м<sup>3</sup>), в котором может образоваться взрывоопасная концентрация (на нижнем пределе воспламенения с учетом  $K_{запаса}=1,5$ )

$$V = \frac{1,5 \cdot m}{c}$$

где  $m$  - количество поступившего в помещение вещества, г;

$c$  - нижний концентрационный предел воспламенения, г/м<sup>3</sup>.

2. Определяют свободный объем производственного помещения с учетом заполнения помещения оборудованием.

3. По величине расчетного объема взрывоопасной смеси устанавливают процент заполнения свободного объема помещения взрывоопасной смесью. При  $>5\%$   $V_{пом}$  в помещении должна быть предусмотрена аварийная вентиляция с механическим побуждением. От эффективности работы аварийной вентиляции будет зависеть сама возможность образования взрывоопасной смеси или время образования взрывоопасной

смеси,  $T_{и}$ .

$$T_{и} = \frac{0,18 \cdot V_{св} \cdot c}{\eta \cdot p \cdot F \cdot \sqrt{M}}$$

где 0,18 - коэффициент, учитывающий неравномерность распределения взрывоопасного продукта в объеме помещения

$V_{св}$  - свободный объем помещения, м<sup>3</sup>;

- нижний концентрационный предел воспламенения, г/м<sup>3</sup>;

$p$  - давление паров, принимаемое по средней температуре поверхности жидкости и воздушной среды помещения, Па;

$M$  - молекулярная масса продукта, г;

- площадь испарения, м<sup>2</sup>, (1 л лакокрасочных материалов разливается на горизонтальной поверхности на 1 м<sup>2</sup>).

- коэффициент, учитывающий скорости и температуры воздушного потока над поверхностью испарения:

Таблица 5

Скорость воздушного потока, м/с	Значения при температуре воздуха в помещении, °С				
	10	15	20	30	35
0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
0,1	3,0	2,6	2,4	1,8	1,6
0,2	4,6	3,8	3,5	2,4	2,3
0,5	6,6	5,7	5,4	3,6	3,2
1,0	10,0	8,7	7,7	5,6	4,6

#### ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ

Определение температуры вспышки нефтепродуктов аналитическим способом

Для жидкости с определенным химическим составом приближенную величину температуры вспышки  $T_{всп}$ , можно рассчитать по формуле

$$T_{всп} = t_{кип} - 18 \cdot \sqrt{K}$$

где  $t_{кип}$  - температура кипения жидкости, °С;

$K$  - “число опасности” вещества, определяется по формуле:

$$K = 4 \cdot C + H + 4 \cdot S - 2 \cdot O - 2 \cdot Cl - 3 \cdot F - 5 \cdot Br,$$

где C, H, S, O, F, Br-число атомов соответствующих химических элементов, входящих в состав молекулы вещества.

При  $K > 0$ , пары жидкости воспламеняются, при  $K < 0$  воспламенения не происходит.

Для нефтепродуктов с неопределенным химическим составом приближенную величину  $T_{всп}$ , можно рассчитать по формуле:

$$T_{всп} = 0,82 \cdot t_{кип} - 0,86$$

Физико-химические характеристики нефтепродуктов, необходимые для расчета ожидаемой температуры вспышки приведены в табл. 2.

Определение вероятности возникновения пожара

Вероятность возникновения ОФП - опасного фактора пожара, ( $q_{офп}$ ) оценивается выражением

$$q_{офп} = Q_{п} \cdot (1 - P_{п}) \cdot (1 - P_{а}) < Q_{офпн}$$

где  $Q_{п}$  - вероятность возникновения пожара или взрыва, год<sup>-1</sup>

$P_{п}$ ,  $P_{а}$  - вероятностная эффективность (надежность) профилактических и активных мероприятий;

$Q_{офпн}$  - вероятность достижения в течение года предельных значений опасных факторов пожара и взрыва, (принимается равной 10<sup>-6</sup>год<sup>-1</sup>).

Вероятность возникновения пожара или взрыва в течение года рассчитывают по формуле

$$Q_{п} = Q_{гс} \cdot Q_{из}$$

Где  $Q_{гс} = Q_{г} \cdot Q_{0}$  - вероятность образования горючей смеси ( $Q_{г}$  - вероятность появления горючего вещества,  $Q_{0}$  - вероятность появления окислителя, обычно =1);

$Q_{из} = Q_{т} \cdot Q_{э} \cdot Q_{t}$  - вероятность появления источника зажигания ( $Q_{т}$  - вероятность появления теплового источника,  $Q_{э}$  - вероятность достаточности энергии источника,  $Q_{t}$  - вероятность достаточности времени существования источника).

Вероятность появления достаточного для образования взрывоопасной смеси количества горючего вещества можно рассчитать по формуле

$$Q_{г} = 1 - \exp(-\lambda \cdot \tau),$$

где  $\lambda$  - интенсивность отказов оборудования в течение года, ч<sup>-1</sup>;

$\tau$  - общее время работы оборудования в течение года, ч.

Значения предельных величин ОФП (опасного фактора пожара), превышение которых не допускается с вероятностью выше нормативной представлены в таблице 6.

Таблица 6

Значения основных факторов пожара

ОФП (опасный фактор пожара)	Предельные значения
Обрушение конструкций	Недопустимо
Температура, °С	70
Тепловые излучения, Вт/м <sup>2</sup>	500
Содержание СО, % об.	0,1
Содержание СО <sub>2</sub> , % об.	0,6
Содержание О <sub>2</sub> , % об.	Не менее 17,0
Потеря видимости, раз	2,4

Библиографический список



- СН 463-74. Указания по определению категории производств по взрывной, взрывопожарной и пожарной безопасности . - М.:ЦИТП Госстроя СССР, 1975.-54 с.
- Средства защиты в машиностроении. Справочник / Под редакцией С. В. Белова. - М.: Машиностроения, 1989.- 368 с.
- Пчелинцев В. А., Коптав Д. В., Г. Г. Орлов. Охрана труда в строительстве. – М.: Высшая школа , 1991. – 271 с.
- Тищенко Н.Ф. Охрана атмосферного воздуха. - М.: Химия, 1987. – 272 с
- Долин П. А. Справочник по технике безопасности. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1985. - 824 с.: ил.
- Пожарная безопасность. Взрывоопасность: Справочник / Под ред. А. Н. Баратова. – М.: Химия, 1987. – 272 с.
- СниП 2.04.05 – 91. Отопление, вентиляция и кондиционирование. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1991. – 64 с.

Исходные данные для расчетов

№ п/п\Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1	3	5	7	9	11	2	4	6	8	7	2	3	9	1
2	1	3	5	7	9	11	2	4	6	8	7	2	3	9	1
3	21	22	25	30	28	26	22	20	18	19	27	22	24	31	29
4	35000	23000	29000	31000	41000	39900	27500	21780	34980	23670	35700	35300	20500	43050	29450
5	0,72	1,17	1,26	1,36	2,02	0,09	1,54	0,77	2,67	1,91	1,25	1,21	1,18	1,04	2,61
6	500	600	650	400	550	200	1100	600	700	900	800	450	750	850	900
7	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	2,9	2,7	3,1	2,1
8	1	2	1	2	1	2	3	2	1	2	3	1	2	3	1
9	0,5	0,55	0,6	0,75	0,45	0,35	0,75	0,95	0,55	0,85	0,25	0,55	0,85	0,65	0,85
10	5,5	7,6	8,9	9,8	10,0	12,0	14,0	15,5	24,0	30,0	35,0	31,0	32,1	7,3	4,9
11	550	610	720	450	600	250	1350	700	800	930	900	1100	1050	910	520
12	0,03	0,04	0,04	0,03	0,04	0,05	0,02	0,04	0,03	0,05	0,04120	0,03	0,07	0,03	0,05
	12	14	15	13	15	30	40	50	60	70		42	18	27	11
13	12	34	25	23	21	77	56	24	48	27	89	90	15	71	39
14	0,1	0,2	0,2	0,3	0,1	0,2	0,3	0,2	0,1	0,2	0,3	0,4	0,1	0,11	0,21
15	30	20	25	19	21	31	28	22	26	24	29	33	31	34	27
16	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
18	1200	1200	4200	5200	3200	3200	7200	9200	3200	7200	4200	3200	6200	3200	6200
	12	22	42	92	32	12	82	12	68	22	62	82	42	72	62
19	20	30	21	34	67	23	23	45	67	90	78	67	56	85	87
20	40	35	45	10	82	20	45	34	34	45	45	34	34	43	54
21	10	12	20	5	30	10	6	14	23	13	23	12	7	32	22
22	0,1	0,5	0,4	1,1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,4	0,75	0,99	0,35	0,5	0,6	0,65
23	2	2	3	2	2	2	1	3	4	2	3	4	2	2	3
24	1,5	1,3	1,2	1,1	2,1	2,0	1,8	1,9	1,7	1,56	1,48	1,33	1,99	2,01	2,02



18	1200	1200	4200	5200	3200	3200	7200	9200	3200	7200	4200	3200	6200	3200	6200
	12	22	42	92	32	12	82	12	68	22	62	82	42	72	62
19	20	30	21	34	67	23	23	45	67	90	78	67	56	85	87
20	40	35	45	10	82	20	45	34	34	45	45	34	34	43	54
21	10	12	20	5	30	10	6	14	23	13	23	12	7	32	22
22	0,1	0,5	0,4	1,1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,4	0,75	0,99	0,35	0,5	0,6	0,65
23	2	2	3	2	2	2	1	3	4	2	3	4	2	2	3
24	1,5	1,3	1,2	1,1	2,1	2,0	1,8	1,9	1,7	1,56	1,48	1,33	1,99	2,01	2,02
25	300	200	250	190	210	310	280	220	260	240	290	330	310	340	270
26	0,50	0,68	0,99	0,62	0,15	0,18	0,21	0,24	0,27	0,30	0,33	0,21	0,60	0,72	0,80
27	0,6	0,4	0,7	0,3	0,5	0,6	0,4	0,7	0,2	0,6	0,8	0,5	0,6	0,3	0,7
	0,4	0,6	0,3	0,7	0,5	0,4	0,6	0,3	0,8	0,4	0,2	0,5	0,4	0,7	0,3
28	0,901	0,801	0,701	0,951	0,701	0,801	0,801	0,701	0,801	0,901	0,451	0,961	0,908	0,971	0,911
29	0,921	0,821	0,721	0,911	0,621	0,721	0,991	0,321	0,621	0,921	0,541	0,911	0,923	0,991	0,911
30	0,951	0,851	0,751	0,981	0,351	0,941	0,551	0,451	0,900	0,951	0,931	0,921	0,911	0,931	0,901
31	10	9	3	23	35	2	5	8	12	50	26	12	9	1	4
32	1200	1300	2400	1000	1240	1000	2345	2300	5000	4900	2790	2350	4500	1270	2580

В таблице: 1. Тип вещества (ГГ): 1-метан; 2-ацетилен; 3-этилен; 4-этан; 5-пропан; 6-водород; 7-сероводород; 8-аммиак; 9-бутан; 10-пропилен; 11-оксид углерода.

2. Тип вещества (ЛВЖ): 1-бензол; 2-толуол; 3-ксилол; 4-метилацетат; 5-углерод четыреххлористый; 6-этилацетат; 7-эфир диэтиловый; 8-спирт бутиловый; 9-этиленгликоль; 10-этилацетат; 11-ацетон.

3. – температура воздуха в помещении, К.

4. – удельная теплота сгорания горючей пыли, кДж/кг.

5. -плотность горючего газа, кг/м<sup>3</sup>.

6. - давление в аппарате, кПа.

7. - объем аппарата, м<sup>3</sup>.

8. - расход газа, м<sup>3</sup>/с.

9. - площадь сечения трубопровода, м<sup>2</sup>.

10. - скорость истечения газа, м/с.

11. - давление в трубопроводе, кПа.

12., ..., - радиус и длина участков трубопровода от аппарата до задвижек, м.

13.- давление насыщенных паров при заданной температуре жидкости, кПа, определяется по справочным данным.

14. - расход пыли, поступающей в аварийный аппарат по трубопроводам до момента их отключения, кг/с.

15. - время отключения, с.

16. — доля горючей пыли в общей массе отложений пыли.

17. — интенсивность пылеотложений соответственно на труднодоступных (м<sup>2</sup>) и доступных (м<sup>2</sup>) площадях, кг·м<sup>-2</sup>·с<sup>-1</sup>, =0,5 м<sup>2</sup>, =1,5 м<sup>2</sup>.

18.  $\tau_1, \tau_2$ — промежуток времени соответственно между генеральными и текущими уборками пыли, ч.

19. L— длина помещения, м.

20. S-ширина помещения, м.

21. H-высота помещения, м.

22. – скорость движения воздуха, м/с.

23. hн– высота источника поступления газа от пола помещения.

24. - кратность воздухообмена в помещении.

25. -температура в помещении, °К.

26. - продолжительность аварии или время поступления ГГ в помещение, ч.

27. **Рп, Ра**- вероятностная эффективность (надежность) профилактических и активных мероприятий.

28. – вероятность появления теплового источника.

29. - вероятность достаточности энергии источника.

30. - вероятность достаточности времени существования источника).

31. –интенсивность отказов оборудования в течение года, ч-1.

32. – общее время работы оборудования в течение года, ч.

### Приложение 1

Показатели пожаровзрывоопасности веществ

Химические вещества, смеси	Формула	Хар-ка пожаровзрывоопасности	твсп тсв оС	НКПВ ВКПВ об. %	М г	Ткип К
Аммиак	NH <sub>3</sub>	ГГ	- /650	15 /28	17.03	240
Ацетон	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	ЛВЖ	-18/540	2.9/13	58.08	330
Ацетилен	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	ГГ	-/335	2.5/81	26.04	239
Бензол	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	ЛВЖ	-11/562	1.4/8	78.11	353
Бутан	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	ГГ	-69/405	1.8/8.5	58.12	273
Бутил.спирт	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O	ЛВЖ	35/340	1.8/10.9	74.12	391

Водород	H2	ГГ	- /540	4.1/75	2.016	20.3
Глицерин	C3H8O3	ГЖ	198/400	2.6/11.3	92.094	
Ксилол	C8H10	ЛВЖ	29/590	1.1/6.5	106.17	412
Метан	CH4	ГГ	-181/537	5.3/14.1	16.04	112
Метилацетат	C3H6O2	ЛВЖ			78.04	330
Оксид угле-да	CO	ГГ	- /605	12.5/74	28.01	81.6
Пропан	C3H8	ГГ	- /470	2.3/9.4	44.096	231
Пропилен	C3H8	ГГ	- /455	2.4/11	42.08	225
Сероводород	H2S	ГГ	- /246	4.3/46	34.08	263
Толуол	C7H8	ЛВЖ	7/536	1.3/6.8	92.14	383
Углер.4-хлор	CCl4	ЛВЖ			154.0	350
Укус.кислота	CH3COOH	ЛВЖ	40/465	4/19.9	60.05	391
Этил. спирт	C2H5OH	ЛВЖ	13/400	3.62/18	46.07	352
Этилен	C2H4	ГГ	- /480	2.7/34	28.05	169
Этилацетат	C4H8O2	ЛВЖ	-3/456	2/11.4	88.11	350
Этан	C2H6	ГГ	- /515	2.9/15	30.07	185
Этиленгликоль	C2H6O2	ГЖ	111/412	4.3/-	62.1	470
Эфир диэтил.	C4H10O	ЛВЖ			74.12	472
Тосол А	смесь	ГЖ	108/508			
Бензин А72(76)	смесь	ЛВЖ	-34/300	0.8/5.2	97.2	
Бензин А93(95)	смесь	ЛВЖ	-37/380	1/5.5	98.2	
Бензин Б70	смесь	ЛВЖ	-34/380	0.76/5	102.2	
Диз.топл.З	смесь	ЛВЖ	>35/225	0.6/-	173.3	
Диз.топл.Л	смесь	ГЖ	>40/333	0.6/-	203.6	
Керосин освет	смесь	ЛВЖ	>40/236	0.6/-	190	
Лак бакел.	смесь	ЛВЖ	30/477	-		
Мазут	смесь	ГЖ	>60/380	-		
Масло трансф	смесь	ГЖ	>150/355	-	303.9	
Растворит.Р4	смесь	ЛВЖ	-4/	1.7/-	86.3	
Уайт-спирит	смесь	ЛВЖ	35/250	0.7/5.6	147.3	413
Эмаль ВЛ1515	смесь	ЛВЖ	7/426	-		

## Приложение 2

### Показатели пожаровзрывоопасности веществ

Химические вещества, смеси	Формула	Хар-ка пожаровзрывоопасности	tвсп / tсв °С	НКВП /ВКПБ об.%	ρжидк при T=293К , p=100кПа	Tкип К
Ацетон	C3H6O	ЛВЖ	-18 / 540	2,9 /13	791	330
Бензол	C3H6	ЛВЖ	-11 / 562	1,4 /8	879	353
Бутан	C4H10	ГГ	-69 / 405	1,8 / 8,5	579	273
Бутил. Спирт	C4H10O	ЛВЖ	35 / 340	1,8 /10,9		
Водород	H2	ГГ	- / 540	4,1 /75	71	20.3
Глицерин	C3H8O3	ГЖ	198 / 400	2,6 /11,3		
Ксилол	C8H10	ЛВЖ	29 / 590	1,1 / 6,5		
Метан	CH4	ГГ	-181 / 537	5,3 / 14,1	425	112

Пропан	C3H8	ГГ	- / 470	2,3 / 9,4	582	231
Сероводород	H2S	ГГ	- / 246	4,3 / 46	960	263
Толуол	C7H8	ЛВЖ	7 / 536	1,3 / 6,8	866	383
Уксусная. Кислота	CH3COOH	ЛВЖ	40 / 465	4 / 19,9		
Этил. Спирт	C2H5OH	ЛВЖ	13 / 400	3,62 / 18		
Тосол А	Смесь	ГЖ	108 / 508			
Бензин А70	Смесь	ЛВЖ	-34 / 300	0,8 / 5,2	788	
Бензин А95	Смесь	ЛВЖ	-37 / 380	1 / 5,5	777	
Диз. Топл.3	Смесь	ЛВЖ	48 / 225	0,6 / -		
Диз. Топл. Л	Смесь	ГЖ	65 / 210	0,5 / -		
Керосин	Смесь	ЛВЖ	55 / 227	0,6 / -		
Лак бакал.	смесь	ЛВЖ	30 / 477	----		
Мазут	Смесь	ГЖ	140 / 380	----		
Масло И45	Смесь	ГЖ	181 / 355	----		
Растворит. Р4	Смесь	ЛВЖ	7 / 550	1,7 / -		
Уайт-спирт	Смесь	ЛВЖ	35 / 250	0,7 / 5,6		
Эмаль ВЛ515	Смесь	ЛВЖ	7 / 426	----		

### Приложение 3

#### Показатели пожаровзрывоопасности веществ

Химические вещества, смеси	Хар-ка пожаровз- рывоопас- ности	М,г	Ткип,К	Давл. насыщ. паров, кПа	
				0оС	20оС
Аммиак	ГГ	17.03	240		
Ацетон	ЛВЖ	58.08	330	7	23
Ацетилен	ГГ	26.04	239		
Бензол	ЛВЖ	78.11	353	3.5	12
Бутан	ГГ	58.12	273		
Бутил.спирт	ЛВЖ	74.12	391	0.2	1
Водород	ГГ	2.016	20.3		
Глицерин	ГЖ	180	563	0.01	0.05
Ксилол	ЛВЖ	106.17	412	0.3	0.9
Метан	ГГ	16.04	112		
Метилацетат	ЛВЖ	78.04	330	10	20
Оксид угле-да	ГГ	28.01	81.6		
Пропан	ГГ	44.096	231		
Пропилен	ГГ	42.08	225		
Сероводород	ГГ	34.08	263		
Толуол	ЛВЖ	92.14	383	0.9	3.2
Углер.4-хлор	ЛВЖ	154.0	350	4.8	15
Уксус.кислота	ЛВЖ	60.05	391	0.5	2
Этил. спирт	ЛВЖ	46.07	352	1.8	6.2
Этилен	ГГ	28.05	169		

Этилацетат	ЛВЖ	88.11	350	1.8	9
Этан	ГГ	30.07	185		
Этиленгликоль	ГЖ	62.1	470	0.1	0.2
Эфир диэтил	ЛВЖ	74.12	307	31	85
Тосол А	ГЖ	62	450	0.1	0.15
Бензин А76	ЛВЖ	97.2	363	2	5
Бензин А93	ЛВЖ	98.2	365	2	5
Диз.топливо З	ЛВЖ	173.3	355	1	3
Диз.топливо Л	ЛВЖ	203.6	355	1	3
Керосин	ЛВЖ	190	350	1	3
Мазут	ГЖ	220	550	1	3
Уайт-спирит	ЛВЖ	147.3	413	0.9	3.2

#### Приложение 4

Степени разрушения элементов объекта при различных избыточных давлениях ударной волны, кПа

N п/п	Элементы объекта	Разрушение			
		слабое	среднее	сильное	полное
		3	4	5	6
1	2				
1	Массивные промышленные здания с металлическим каркасом	20-30	30-40	40-50	50-70
2	Бетонные и железобетонные здания, антисейсмические здания	25-35	80-120	150-200	200-500
3	Здания с легким металлическим каркасом	10-20	20-30	30-50	50-70
4	Многоэтажные ж/б здания с большой площадью остекления	8-20	20-40	40-90	90-100
5	Здания из сборного железобетона	10-20	29-30	-	30-60
6	Кирпичные производственно-вспомогательные здания из сборн. ж/б	10-20	20-35	35-45	45-60
7	Складские кирпичные здания	10-20	20-30	30-40	40-50
8	Легкие строения с металлическим каркасом и шиферной кровлей	10-25	25-35	35-50	50
9	Кирпичные малоэтажные здания	8-15	15-25	25-35	35-45
10	Кирпичные многоэтажные здания	8-12	12-20	20-30	30-40
11	Деревянные здания	6-8	8-12	12-20	20-30
12	Разрушение остекления зданий	0.5-1	1-1.5	1.5-3	-
13	Разрушение остекления зданий:	>2.1	>2.1	>2.1	2.1
	толщина стекла-3мм, площадь-1м2	>1.0	>1.0	>1.0	1.0
	толщина стекла-3мм, площадь-2м2	>3.2	>3.2	>3.2	3.2
	толщина стекла-4мм, площадь-1м2	>1.5	>1.5	>1.5	1.5
	толщина стекла-4мм, площадь-2м2				
14	То-же из армированного стекла	1-1.5	1.5-2	2-5	-
15	Водонапорные башни, газгольдеры резервуары для нефтепродуктов	10-20	20-40	40-60	60
16	Котельные, ГРП кирпичные	7-13	13-25	25-35	35-45
17	Стационарные воздушные линии	30-50	50-70	70-120	120
18	Антенные устройства	10-20	20-30	30-40	40
19	Легковые автомобили	10-20	20-30	30-50	50



20	Груз. автомобили и автоцистерны	20-30	30-55	55-65	90-130
21	Автобусы, фургоны	15-20	20-45	45-55	60-80
22	Подвижной железнодорож. состав	30-40	40-80	80-100	100-200
23	Самолеты на стоянке	7-8	8-10	10-15	15
24	Вертолеты на стоянке	3-5	8-10	10-21	-

### Лабораторное занятие

«Изучение первичных средств тушения пожаров»

Цель работы: ознакомиться с конструкциями и применением ручных огнетушителей, с нормами их запаса для образовательных учреждений.

Оборудование: огнетушители ОХП-10, ОВП-10, ОУ-2, ОП-5 (или их макеты), пожарный щит с инвентарем (или его макет), гидрпульт, пожарный ствол.

1. Ознакомиться с п.3.1 и приведенными ниже краткими теоретическими сведениями.

2. Изучить устройство и принцип действия огнетушителей.

3. Заполнить табл.2 и табл.3 с помощью Приложения 10

Таблица 2 Области применения огнегасительных веществ

№ п/п	Огнегасительные вещества	Огнегасительные свойства				В какой области нельзя применять (вписать соответствующую букву из примечания)
		охлаждающее	изолирующее	разбавляющее	ингибирующее (замедляющее)	
1	Вода					
2	Песок					
3	Покрывало из войлока, брезента и т. п.					
4	Химическая пена					
5	Углекислота					
6	Порошки					

Примечание. Область применения огнегасительных веществ:

- а) дерево, изделия из дерева, ткани и т. п.;
- б) горючие жидкости (мазут, краски, масла);
- в) легко воспламеняющиеся жидкости (бензин, керосин);
- г) спирты;
- д) электроустановки под напряжением;
- е) ценные вещи (картины, документы, книги и т. п.);
- ж) одежда на человеке;

Таблица 3. Ручные огнетушители

№ п/п	Марка	Условное обозначение	Технические характеристики: а) время действия, б) дальность действия, в) площадь гашения	Огнегасительные свойства	Область применения
1	ОХП-10				
2	ОУ-2				
3	ОП-5				

4. Выполнить технический рисунок основных частей огнетушителей ОП-10, ОУ-2, ОП-5.
5. Рассчитать необходимое количество первичных средств тушения пожаров для образовательного учреждения, заполнив табл. 4с помощью Приложения 9
- Таблица 4. Нормы первичных средств пожаротушения для \_\_\_\_\_

№ п/п	Средства пожаротушения	Кол-во	Примечания
1	Огнетушители: а) пенные, б) углекислотные, в) порошковые		
2	Ящики с песком (объем 0,5 м <sup>3</sup> )		
3	Бочки с водой		
4	Покрывало		
5	Пожарный щит, оборудованный: лопатой, багром, топором, ведрами		

6. Ответить на контрольные вопросы.

Краткие теоретические сведения

В качестве первичных средств пожаротушения применяют воду, песок, асбестовое полотно (или куски кошмы, грубого сукна), различные огнетушители.

Вода обладает хорошими огнегасящими свойствами вследствие высокой теплоемкости и большой теплоты парообразования. Резервуар для воды должен быть объемом не менее 0,2 м<sup>3</sup> и укомплектован ведрами. Воду нельзя применять для тушения легковоспламеняющихся жидкостей, имеющих меньшую, чем у воды, плотность (бензин, керосин, минеральные масла) и для тушения пожара в электроустановках, находящихся под напряжением.

Песок используют для тушения небольших очагов воспламенения электропроводки и горючих жидкостей (мазута, красок, масла и т.п.). Хранят его в ящиках (емкостью 0,5, 1 или 3 м<sup>3</sup>) вместе с совковой лопатой во всех цехах и производственных помещениях.

Асбестовое полотно должно быть размером не менее 1х1 м. В местах хранения легковоспламеняющихся и горючих жидкостей оно может быть увеличено до 2х1,5 м или 2х2 м.

Асбестовое полотно набрасывают на горящую поверхность и тем самым изолируют ее от окружающей среды. Используют его также для защиты от огня ценного оборудования, закрытия печей и отверстий в трубах с горючими материалами. Хранят в водонепроницаемом футляре (чехле), один раз в три месяца просушивают и очищают от пыли.

Огнетушители являются наиболее надежным средством при тушении загораний до прибытия пожарных подразделений.

В настоящее время промышленностью изготавливаются несколько типов огнетушителей, предназначенных для тушения загораний в различных условиях. В качестве огнегасящего вещества в огнетушителях используется химическая и воздушно-механическая пена, углекислота, специальные порошки.

Ручные химический и воздушно-пенный огнетушители представлены на рис. 24.

В огнетушителе ОП-10 пена образуется в результате химической реакции, происходящей при смешивании щелочной и кислотной частей заряда. Пена под давлением, которое создается в корпусе огнетушителя, выбрасывается струей через насадку. В огнетушителе ОП-10 кислотная часть заряда

заклучена в полиэтиленовый стакан, закрытый резиновым колпаком, а щелочная часть заряда находится в корпусе. Огнетушитель предназначен для быстрого тушения небольших загораний твердых и жидких веществ, за исключением щелочей : калия, натрия, магния, а также спирта. Нельзя

использовать его на оборудовании, находящемся под напряжением. Огнетушитель рекомендуется использовать на стационарных объектах, на транспорте, на сельскохозяйственных машинах и агрегатах. Осматривают огнетушители один раз в месяц, заряд проверяют один раз в год.

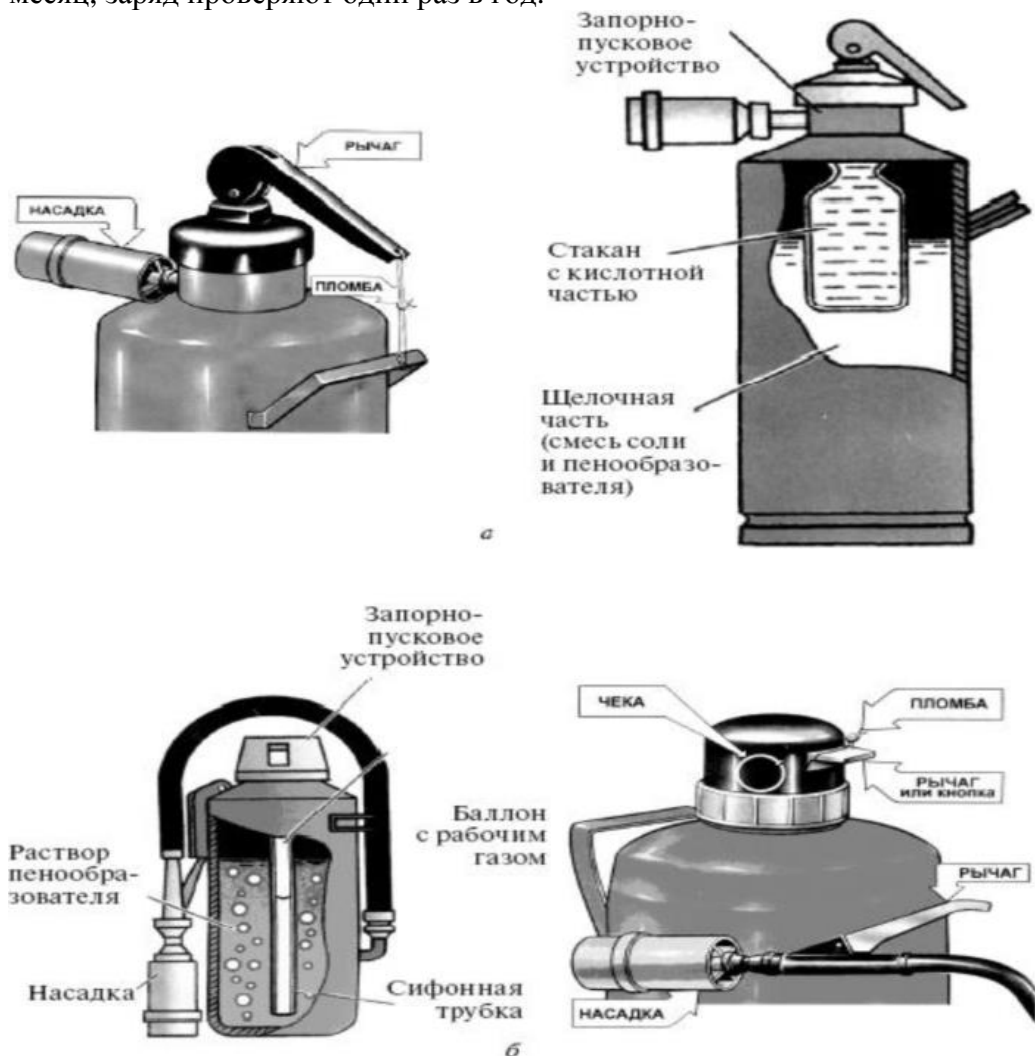


Рис. 24. Ручные огнетушители: а) химический пенный огнетушитель ОХП-10; б) воздушно-пенный огнетушитель ОВП-10.

Чтобы привести огнетушитель ОХП-10 в действие, нужно повернуть рукоятку на 180° в вертикальной плоскости (при этом откроется клапан кислотного стакана) и перевернуть огнетушитель вверх дном. Кислотная часть заряда выливается в корпус и смешивается со щелочной частью заряда, образующую струю пены направляют на очаг пожара.

Принцип действия воздушно-пенного огнетушителя основан на вытеснении раствора пенообразователя избыточным давлением рабочего газа (воздух, азот, углекислый газ). При срабатывании запорно-пускового устройства прокалывается заглушка баллона с рабочим газом.

Пенообразователь выдавливается газом через каналы и сифонную трубку. В насадке пенообразователь перемешивается с засасываемым воздухом, и образуется пена. Она попадает на горящее вещество, охлаждает его и изолирует от кислорода. Для

приведения в действие воздушно-пенного огнетушителя необходимо снять пломбу, выдернуть чеку, направить насадку на очаг пожара и нажать на рычаг.

Ручной углекислотный огнетушитель ОУ-2 (ОУ-5, ОУ-8) предназначен для тушения загораний в небольшом количестве всех видов горючих и тлеющих материалов (кроме киноплёнки на нитрооснове), а также электроустановок, находящихся под напряжением. В качестве огнетушащего средства в ОУ-2 применяется углекислый газ. Его огнетушащие свойства основаны на снижении концентрации кислорода в воздухе до такой величины, при которой горение прекращается, а также понижении температуры зоны горения. Углекислый газ имеет ряд достоинств: он не портит соприкасающиеся с ним предметы, неэлектропроводен, не изменяет в процессе хранения своих качеств.

К недостаткам углекислого газа следует отнести его токсичность при больших концентрациях в воздухе, поэтому углекислотный огнетушитель нельзя применять в малых помещениях. Зарядом в углекислотных огнетушителях служит жидкая углекислота, которая в момент приведения огнетушителя в действие быстро испаряется, образуя твердую углекислоту («снег») и углекислый газ.

Огнетушитель углекислотный представляет собой стальной баллон, в горловину которого встроена рукоятка с раструбом (рис. 25).

У огнетушителя ОУ-2 раструб присоединен к корпусу шарнирно. Кроме того, огнетушитель имеет предохранительное устройство мембранного типа, которое автоматически разряжает баллон огнетушителя при повышении в нем давления сверх допустимого.



Рис. 25. Углекислотный огнетушитель ОУ-2

Чтобы привести огнетушитель в действие, необходимо сорвать пломбу, выдернуть чеку, перевести раструб в горизонтальное положение и нажать на рычаг, а затем направить струю заряда на огонь.

При работе углекислотного огнетушителя нельзя касаться раструба, так как температура его за счет испарения жидкого углекислого газа понижается до  $-70^{\circ}\text{C}$ . В случае попадания пены в глаза их следует промыть чистой водой или 2 %-ным раствором борной кислоты.

Ручной порошковый огнетушитель ОП-5 (рис. 26) предназначен для тушения небольших загораний на мотоциклах, легковых и грузовых автомобилях, тракторах и других машинах. Огнетушитель эффективно работает при температуре от  $-50$  до  $+50^{\circ}\text{C}$ .

Принцип действия огнетушителя ОП-5 заключается в следующем. При срабатывании запорно-пускового устройства прокалывается заглушка баллона с рабочим газом (азот, углекислый газ). Газ по трубке подвода поступает в нижнюю часть корпуса огнетушителя и создает избыточное давление. Порошок вытесняется по сифонной трубке

в шланг к стволу. Нажимая на курок ствола, можно подавать порошок порциями. Порошок, попадая на горящее вещество, изолирует его от кислорода воздуха.

Чтобы привести в действие огнетушитель ОП-5 необходимо сорвать пломбу, выдернуть чеку, поднять рычаг до отказа, направить ствол-насадку на очаг пожара и нажать на курок; через 5 секунд приступить к тушению пожара.



Рис. 26. Порошковый огнетушитель со встроенным газовым источником давления ОП-5

Контрольные вопросы

1. Какие существуют первичные средства пожаротушения?
2. Как устроены ручные огнетушители ОХП-10, ОУ-2, ОП-1?
3. Каков принцип действия каждого огнетушителя?
4. Какие существуют ограничения использования указанных огнетушителей?