

УТВЕРЖДЕНО

Приказ МЧС  
от 03.12.2007 года  
№ 833

**Нормы определения категорий помещений, зданий и  
наружных установок по взрывопожарной и  
пожарной опасности**

**НАПБ Б.03.002-2007**

Киев - 2007

**НАПБ Б.03.002-2007****Информационные данные**

1. РАЗРАБОТАНЫ Украинским научно-исследовательским институтом пожарной безопасности (УкрНИИПБ) МЧС Украины (Н.Я. Откидач, А.А. Сизиков, В.С. Куликовский, В.Ф. Слепченко) с участием Института государственного управления в сфере гражданской защиты МЧС Украины (Н.В. Белошицкий) и Главного Управления МЧС Украины в Одесской области (К.П. Чеботаев).

2. ВНЕСЕНЫ: ГОСПОЖБЕЗОПАСНОСТИ МЧС УКРАИНЫ.

3. СОГЛАСОВАНЫ С ГОСПОЖБЕЗОПАСНОСТИ МЧС УКРАИНЫ, МИНИСТЕРСТВОМ РЕГИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА УКРАИНЫ, ГОСУДАРСТВЕННЫМ КОМИТЕТОМ УКРАИНЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ, ОХРАНЫ ТРУДА И ГОРНОГО НАДЗОРА

4. УТВЕРЖДЕНО И ВВЕДЕНО В ДЕЙСТВИЕ приказом Министерства Украины по вопросам чрезвычайных ситуаций и делам защиты населения от последствий Чернобыльской катастрофы от 3 декабря 2007 года № 833

5. ВВЕДЕНО ВПЕРВЫЕ.

6. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СВЕДЕНИЯ

С введением в действие этих Норм не применяется на территории Украины НАПБ Б.07.005-86 Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности (ОНТП 24-86).

## СОДЕРЖАНИЕ

|  |    |
|--|----|
| 1. Область применения  | 4  |
| 2. Нормативные документы   | 4  |
| 3. Определение терминов (понятий)  | 4  |
| 4. Обозначения и сокращения  | 6  |
| 5. Общие положения   | 6  |
| 6. Категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности  | 6  |
| 7. Методы расчета критериев взрывопожарной опасности помещений   | 7  |
| 7.1. Выбор и обоснование расчетного варианта   | 7  |
| 7.2. Расчет избыточного давления взрыва для горючих газов, паров легковоспламеняющихся и горючих жидкостей   | 9  |
| 7.3. Расчет избыточного давления взрыва для горючей пыли   | 12 |
| 7.4. Определение избыточного давления взрыва для веществ и материалов, которые способны взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом   | 14 |
| 7.5. Определение избыточного давления взрыва для взрывоопасных смесей, которые содержат ГГ, пары и пыли  | 14 |
| 7.6. Расчет категории помещений по пожарной опасности  | 14 |
| 8. Категории зданий и отдельных противопожарных отсеков по взрывопожарной и пожарной опасности   | 16 |
| 9. Категории наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности   | 16 |
| 10. Методы расчета значений критериев взрывопожарной и пожарной опасности наружных установок   | 17 |
| 10.1. Методы расчета значений критериев взрывопожарной и пожарной опасности для горючих газов и паров  | 17 |
| 10.1.1. Выбор и обоснование расчетного варианта  | 17 |
| 10.1.2. Определение горизонтальных размеров зон, которые ограничивают газо- и паровоздушные смеси с концентрацией горючего вещества выше нижнего концентрационного предела распространения пламени, в случае аварийного выхода горючих газов и паров ненагретых легковоспламеняющихся жидкостей в окружающую среду | 20 |
| 10.1.3. Расчет избыточного давления при сгорании смесей горючих газов и паров с воздухом в открытом пространстве   | 21 |
| 10.2. Метод расчета значений критериев пожарной опасности для горючей пыли....   | 21 |
| 10.3 Метод расчета интенсивности теплового излучения   | 22 |
| Приложение. Расчетное определение значения коэффициента $z$ участия горючих газов и паров ненагретых легковоспламеняющихся жидкостей во взрыве   | 25 |

## 1. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Нормы определения категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности (далее - Нормы) есть обязательными для юридических и физических лиц независимо от форм собственности и вида деятельности.

Нормы устанавливают порядок определения категорий помещений и зданий (или частей зданий между противопожарными отсеками) производственного, складского назначения, а также наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности в зависимости от количества и свойств веществ и материалов, находящихся в них (обращающихся), с учетом особенностей технологических процессов производств и объемно-планировочных решений, наличия технических средств, предотвращающих аварийную ситуацию. Эти Нормы должны применяться во время разработки ведомственных норм технологического проектирования и перечней помещений с определением категорий по взрывопожарной и пожарной опасности.

Категории помещений, зданий и наружных установок, определенные в соответствии с настоящими Нормами, следует применять для установления нормативных требований по обеспечению взрывопожарной и пожарной безопасности указанных помещений и зданий в отношении планировки и застройки, этажности, площадей, размещения помещений, конструктивных решений, инженерного оборудования, систем противопожарной защиты.

Эти Нормы используются на стадии проектирования, строительства, расширения, реконструкции, эксплуатации, технического переоснащения помещений, зданий и наружных установок.

Нормы не распространяются на:

- помещения и здания для производства и хранения взрывчатых веществ (далее - ВВ), здания и сооружения, проектируемые по специальным нормам и правилам, утвержденным в установленном порядке;
- наружные установки для производства и хранения ВВ;
- наружные установки, проектируемые по специальным нормам и правилам, утвержденным в установленном порядке.

## 2. НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ

1. **ДСТУ 2272:2006** Пожежна безпека. Терміни та визначення основних понять (Пожарная безопасность. Термины и определения основных понятий).

2. **ДСТУ 3855-99** Пожежна безпека. Визначення пожежної небезпеки матеріалів та конструкцій. Терміни та визначення (Пожарная безопасность. Термины и определения).

3. **ДБН В. 1.1-7-2002\*** Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва (Защита от пожара. Пожарная безопасность объектов строительства).

4. **НПАОП 0.00-4.33-99** Положення щодо розробки планів локалізації і ліквідації аварійних ситуацій і аварій (Положение о разработке планов локализации и ликвидации аварийных ситуаций и аварий).

5. **НПАОП 40.1-1.32-01** Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок (Правила устройства электроустановок. Электрооборудование специальных установок).

6. **ГОСТ 12.1.044-89** ССБТ Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения.

7. **ГОСТ 12.1.010-76\*** ССБТ. Взрывобезопасность. Общие требования.

Во время работы с этими Нормами необходимо проверять действуют ли указанные в этом разделе нормативно-правовые акты, нормативные и другие документы по соответствующим информационным показателям. Если документ изменен (заменен), то при работе с Нормами, необходимо руководствоваться измененным (замененным) документом.

## 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕРМИНОВ (ПОНЯТИЙ):

В этих нормах используются термины в таких значениях:

**Авария** - внезапное происшествие, мощный выход (выброс) опасных веществ, пожар или взрыв, в результате нарушения эксплуатации предприятия (объекта), что приводит к внезапной угрозе жизни и здоровью людей, окружающей среды, материальным ценностям на территории предприятия и/или за его пределами [4].

**Блок технологический** - аппарат (оборудование) или группа (с минимальным количеством) аппаратов (оборудования), которые могут быть одновременно отключены (изолированы) от технологической системы без опасных изменений режима, приводящих к развитию аварии.

**Трудногорючие вещества и материалы** - вещества и материалы, способные гореть на воздухе во время воздействия внешнего источника зажигания, но неспособные самостоятельно гореть после его удаления [6].

**Огнетушащее вещество** - вещество или однородная смесь, по своим физико-химическим свойствам пригодная для применения техническими средствами для прекращения горения [1].

**Взрыв** - быстрое экзотермическое химическое превращение взрывоопасной среды, сопровождающееся выделением энергии и образованием сжатых газов, способных выполнять работу [7].

**Производственные помещения** - замкнутое пространство в специально предназначенном здании (сооружении), в котором по сменам или периодически (в течение рабочего дня) осуществляется трудовая деятельность людей.

**Горючее вещество** (горючий материал) - вещество (материал), способное (способный) участвовать в горении в качестве восстановителя [1].

**Диффузное горение** - горение при условии, когда горючее вещество и окислитель разделены зоной горения [1].

**Наружная установка** - установка, расположенная вне помещения (с наружной стороны здания) под открытым небом или под крышей, или за сетчатыми защитными конструкциями [5].

**Категория по взрывопожарной и пожарной опасности** (здания, помещения) - классификация характеристик взрывопожарной и пожарной опасности здания (помещения), которая определяется количеством и пожаровзрывоопасными свойствами веществ и материалов, находящихся (обращающихся) в них, с учетом особенностей технологических процессов размещенных производств.

**Легковоспламеняющаяся жидкость (ЛВЖ)** - горючая жидкость с температурой вспышки не больше 61°C в закрытом или 66°C в открытом тигле. Особо опасными называют легко воспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не больше 28 °C.

**Массовая скорость выгорания** - потеря массы материала (вещества) во время горения за единицу времени с единицы поверхности в установленных условиях испытания.

**Нижний (верхний) концентрационный предел распространения пламени** - минимальное (максимальное) содержание горючего вещества в однородной смеси с окислительной средой, при котором возможно распространение пламени по смеси на любое расстояние от источника зажигания [6].

**Пожар** - вне регламентный процесс уничтожения или повреждения огнем имущества, во время которого возникают факторы, опасные для живых существ и окружающей среды [1].

**Пожарная опасность объекта** - совокупность факторов, определяющих возможность возникновения и/или развития пожара на объекте [1].

**Пожарная нагрузка** - количество теплоты, которое может выделяться в случае полного сгорания всех горючих материалов, которые есть в помещении или в другом пространстве, включая покрытия стен, перегородок, пола и потолка [1].

**Удельная пожарная нагрузка** - пожарная нагрузка, припадающая на единицу площади пола помещения, здания или сооружения [1].

**Противопожарный отсек** - часть пространства здания или сооружения, выделенная противопожарными преградами [1].

**Противопожарная секция** - часть противопожарного отсека, отделенная от других частей противопожарного отсека ограждающими конструкциями с установленными границами огнестойкости и распространения огня по ним [3].

**Противопожарная преграда** - конструкция в виде стены, перегородки, перекрытия или объемный элемент здания, предназначенная для сдерживания распространения пожара к прилегающему помещению [1].

**Складское помещение** - специально оборудованное изолированное помещение основного производственного и вспомогательного назначения, а также для складирования, хранения готовой продукции и быстрого выполнения заявок потребителя на нее.

**Теплота сгорания массовая** - количество теплоты, выделяемой вследствие полного сгорания материала (вещества) в расчете на единицу его массы [2].

**Температура вспышки** - наименьшая температура конденсированного вещества, при которой в условиях специальных испытаний над его поверхностью образуется пар, способный вспыхивать в воздухе от внешнего источника загорания, при этом стойкого горения не возникает.

**Установка** - совокупность оборудования (аппаратов), исполняющих определенную функцию в технологическом процессе [4].

**Время перекрывания** - промежуток времени от начала выхода горючих жидкостей или газа из трубопровода вследствие перфорации, разрыва, замены номинального давления и т.п. до полного прекращения выхода указанных веществ в помещение.

#### 4 ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

ВВ - взрывчатые вещества;

ГГ - горючий газ;

ГЖ - горючая жидкость;

СУГ - сжиженные углеводородные газы;

ЛВЖ - легковоспламеняющаяся жидкость;

$C_{нкпр}$  - нижний концентрационный предел распространения пламени.

#### 5. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

5.1. По взрывопожарной и пожарной опасности помещения и здания разделяются на категории А, Б, В, Г и Д, а наружные установки - на категории  $A_n$ ,  $B_n$ ,  $V_n$ ,  $G_n$  и  $D_n$ .

5.2. Категории помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности определяют для наиболее неблагоприятного в отношении пожара или взрыва периода, исходя из вида горючих веществ и материалов, которые находятся (обращаются) в аппаратах, помещениях и наружных установках, их количества, пожароопасных свойств, особенностей технологических процессов.

5.3. Определять категорию помещений следует последовательно - от более взрывопожароопасной категории А до Д.

5.4. Определение пожароопасных свойств веществ и материалов проводится на основе результатов испытаний или расчетов по стандартным методикам с учетом параметров состояния (давления, температуры и т.п.).

Во время расчетов допускается использование справочных данных.

В случае отсутствия данных о показателях пожарной опасности горючих смесей веществ и материалов допускается принимать показатели пожарной опасности указанных веществ и материалов по наиболее опасному компоненту.

#### 6. КАТЕГОРИИ ПОМЕЩЕНИЙ ПО ВЗРЫВОПОЖАРНОЙ И ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ

6.1. Категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности принимаются в соответствии с таблицей 1.

6.2. Определение категорий помещений следует выполнять путем последовательной

проверки принадлежности помещения к категориям, которые приведены в таблице 1, от высшей (категория А) к низшей (категория Д).

**Таблица 1 Категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности**

| Категория помещения      | Характеристика веществ и материалов, которые находятся (обращаются) в помещении   |
|--------------------------|---|
| 1                        | 2   |
| А<br>взрывопожароопасная | Горючие газы (ГГ), легковоспламеняющиеся жидкости (ЛВЖ) с температурой вспышки не больше 28°C в таком количестве, что могут образовывать взрывопожароопасные газо-паровоздушные смеси, в случае воспламенения которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, которое превышает 5 кПа. Вещества и материалы, которые способны взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или одно с другим, в таком количестве, что расчетное избыточное давление взрыва в помещении превышает 5 кПа  |
| Б<br>взрывопожароопасная | Горючая пыль, волокна, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки больше 28°C, горючие жидкости (ГЖ) в таком количестве, что могут создавать взрывоопасные пылевоздушные или паровоздушные смеси, в случае воспламенения которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, которое превышает 5 кПа   |
| В<br>пожароопасная       | Горючие газы (ГГ), легковоспламеняющиеся, горючие и трудногорючие жидкости, а также вещества и материалы, которые могут при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом взрываться и гореть или только гореть; горючая пыль и волокна, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы, при условии, что помещения, в которых они находятся (обращаются), не относятся к категории А, Б и удельная пожарная нагрузка для твердых и жидких легковоспламеняющихся, трудногорючих и горючих веществ на отдельных участках <sup>1</sup> площадью не меньше 10 м <sup>2</sup> каждая превышает 180 МДж/м <sup>2</sup> <sup>2</sup> |
| Г                        | Негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени; горючие газы (ГГ), жидкости и твердые вещества, которые сжигаются либо утилизируются как топливо  |
| Д                        | Вещества и материалы, которые указаны выше для категорий помещений А, Б, В (кроме горючих газов) в таком количестве, что их удельная пожарная нагрузка для твердых и жидких горючих веществ на отдельных участках площадью не менее 10 м <sup>2</sup> каждая не превышает 180 МДж/м <sup>2</sup> , а также, негорючие вещества и/или материалы в холодном состоянии, при условии, что помещения, в которых находятся (обращаются) вышеуказанные вещества и материалы, не относятся к категориям А, Б и В  |

**Примечание 1.** Площадь отдельных участков для твердых и жидких трудногорючих, горючих, легковоспламеняющихся веществ, которые образуют пожарную нагрузку, определяют по размерам проекции их площади размещения (складирования), а также площади разлива во время расчетных аварий на горизонтальную поверхность пола.

**Примечание 2.** Помещение относится к категории В, если его площадь меньше или равняется 10 м<sup>2</sup> и в нем находятся (обращаются) горючие материалы и вещества, которые создают пожарную нагрузку, при условии, что помещение не относится к категории А и Б.

## **7. МЕТОДЫ РАСЧЕТА КРИТЕРИЕВ ВЗРЫВОПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ПОМЕЩЕНИЙ**

### **7.1. Выбор и обоснование расчетного варианта**

7.1.1. Во время расчета значений критериев взрывопожарной опасности, как расчетный,

следует выбирать наиболее неблагоприятный вариант аварии либо период нормальной работы аппаратов, при котором во взрыве берет участие наибольшее количество веществ и материалов, наиболее опасных касательно последствий взрыва.

7.1.2. Количество веществ, которые поступили в помещение и которые могут образовывать взрывоопасные газоздушные, пылевоздушные или паровоздушные смеси, определяется исходя из следующих предпосылок:

- а) происходит расчетная авария одного из аппаратов согласно с п. 7.1.1;
- б) все содержание аппарата поступает в помещение;
- в) происходит одновременно утечки веществ из трубопроводов, которые питают аппарат по прямому и обратному потокам на протяжении времени, которое необходимо для перекрытия трубопроводов.

Расчетное время перекрытия 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.

Расчетное время перекрытия трубопроводов следует принимать таким, что равняется:

- времени срабатывания (приведения в действие) системы автоматики отключения (перекрытия) трубопроводов - согласно паспортным данным на установку, если вероятность отказа системы автоматики не превышает  $10^{-6}$  в год или обеспечено резервирование ее элементов;
- 120 с, если вероятность отказа системы автоматики превышает  $10^{-6}$  в год и в системе автоматики не обеспечено резервирование элементов;
- 300 с, в случае ручного отключения (перекрытия).

Не допускается использование технических средств для перекрытия трубопроводов, для которых время перекрытия превышает приведенные выше значения.

Быстродействующие клапаны-отсекатели должны автоматически перекрывать подачу газа (вещества) в случае нарушения электрообеспечения или при срабатывании автоматической пожарной сигнализации;

г) происходит испарение с поверхности жидкости, которая разлилась; площадь испарения в случае разлива на пол определяется (в случае отсутствия справочных данных) исходя из расчета, что 1 л смесей и растворов, которые содержат 70% и меньше (по массе) растворителей, разливается на площади 0,5 м<sup>2</sup>, а других веществ - на 1 м<sup>2</sup> пола помещения;

д) происходит также испарение жидкости с открытой поверхности емкостей технологического оборудования и с поверхностей, на которые по технологическому процессу нанесена горючая жидкость, которая во время аварии находится в стадии высыхания;

е) продолжительность испарения жидкости принимается равной времени ее полного испарения, но не больше 3600 с.

7.1.3. Количество пыли, которое может образовывать взрывоопасную смесь, определяют, исходя из таких предпосылок:

а) расчетной аварии предшествовало накопление пыли в производственном помещении, которое происходило в условиях нормального режима работы (например, вследствие выделения пыли из негерметичного производственного оборудования);

б) в момент расчетной аварии состоялась плановая (ремонтные работы) или внеплановая разгерметизация одного из технологических аппаратов, в результате которой произошло аварийное выбрасывание в объем помещения всей пыли, которая находилась в аппарате.

7.1.4. Свободный объем помещения определяют как разность между геометрическим объемом помещения (с учетом подвесных потолков в случае их наличия) и объемом, который занимает технологическое оборудование. Если свободный объем помещения определить невозможно, допускается принимать его равным 80% от общего объема помещения.

7.1.5. Если во время аварийной ситуации возможно выделение ГГ, паров ЛВЖ, ГЖ, горючей пыли и волокон избыточное давление взрыва в помещении следует определять как сумму избыточных давлений взрыва, которые рассчитаны отдельно для ЛВЖ, ГЖ, ГГ, горючей пыли и волокон.



## 7.2. Расчет избыточного давления взрыва для горючих газов, паров легковоспламеняющихся и горючих жидкостей

7.2.1. Избыточное давление взрыва  $\Delta P$  для индивидуальных горючих веществ, которые состоят из атомов С, Н, О, N, Cl, Br, I, F определяется по формуле:

$$\Delta P = (P_{max} - P_o) \cdot \frac{m \cdot Z}{V_{своб} \cdot r_{z,n}} \cdot \frac{100}{C_{ст}} \cdot \frac{1}{K_n}, \quad (1)$$

где  $P_{max}$  - максимальное давление взрыва стехиометрической газовой или паровой смеси в закрытом объеме, которое определяется исследовательским путем или принимается по справочным данным согласно требованиям п. 5.4. В случае отсутствия таких данных, допускается принимать  $P_{max}$  таким, что равняется 900 кПа;

$P_o$  - начальное давление, кПа (допускается принимать таким, что равняется 101 кПа);

$m$  - масса ГГ или паров ЛВЖ и ГЖ, которые попали в результате расчетной аварии в помещение, которую определяют для ГГ по формуле (6), а для паров ЛВЖ и ГЖ по формуле (11), кг;

$Z$  - коэффициент участия ГГ или паров во взрыве, который может быть рассчитан на основании характера распределения газов и паров в объеме помещения согласно Приложения к этим нормам. Допускается принимать значение  $Z$  по таблице 2;

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

$r_{z,n}$  - плотность газа или пара при расчетной температуре  $t_p$ , кг • м<sup>-3</sup>, которая определяется по формуле:

$$r_{z,n} = \frac{M}{V_o(1+0,00367t_p)}, \quad (2)$$

где  $M$  - молярная масса, кг • кмоль<sup>-1</sup>;

$V_o$  - мольный объем, который равняется 22,413 м<sup>3</sup> • кмоль<sup>-1</sup>;

$t_p$  - расчетная температура, °С;

$C_{ст}$  - стехиометрическая концентрация ГГ или паров ЛВЖ и ГЖ, % (об.), которая определяется по формуле:

$$C_{ст} = \frac{100}{1 + 4,84 \cdot b} \quad (3)$$

где  $b = n_c + \frac{n_n - n_x}{4} - \frac{n_o}{2}$  - стехиометрический коэффициент кислорода в реакции горения

(при расчете  $\beta$  атомы азота не учитываются);

$n_c, n_n, n_o, n_x$  - число атомов С, Н, О и галогенов в молекуле ГГ или паров ГЖ;

$K_n$  - коэффициент, который учитывает негерметичность помещения и неадиабатичность процесса горения. Допускается принимать  $K_n$  равным 3.

Негерметичность помещения обусловлена постоянно открытыми проемами в ограждающих конструкциях помещения.

Как расчетную температуру 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 случае аварийной ситуации.

**Таблица 2 Значение коэффициента (Z) участия ГГ или паров ЛВЖ во взрыве**

| Вид горючего вещества  | Значение Z |
|--|------------|
| Водород  | 1,0        |
| ГГ (кроме водорода)  | 0,5        |
| ЛВЖ и ГЖ, которые нагреты до температуры вспышки и выше  | 0,3        |
| ЛВЖ и ГЖ, которые нагреты ниже температуры вспышки, при условии возможности образования аэрозоля | 0,3        |
| ЛВЖ и ГЖ, которые нагреты ниже температуры вспышки, при невозможности образования аэрозоля       | 0          |

7.2.2. Расчет  $\Delta P$  для любых индивидуальных веществ, кроме тех, что приведены в п. 7.2.1, и смесей, может быть выполнен по формуле:

$$\Delta P = \frac{m \cdot H_T \cdot P_o \cdot Z}{V_{своб} \cdot r_o \cdot C_p \cdot T_o} \cdot \frac{1}{K_n}, \quad (4)$$

где  $m$  - масса ГГ или паров ЛВЖ и ГЖ, которые поступили в результате расчетной аварии в помещение, которую определяют для ГГ по формуле (6), а для паров ЛВЖ и ГЖ по формуле (11), кг;

$H_T$  - теплота сгорания, Дж  $\cdot$  кг $^{-1}$ ;

$P_o$  - начальное давление, кПа (допускается принимать таким, что равняется 101 кПа);

$Z$  - коэффициент участия ГГ или паров во взрыве, который может быть рассчитан на основании характера распределения газов и паров в объеме помещения согласно Приложения к эти Нормам. Допускается принимать значение  $Z$  по таблице 2;

$V_{своб}$  - свободный объем помещения, м $^3$ ;

$\rho_v$  - плотность воздуха до взрыва при начальной температуре  $T_o$ , кг  $\cdot$  м $^{-3}$ ;

$C_p$  - теплоемкость воздуха, Дж  $\cdot$  кг $^{-1} \cdot$  К $^{-1}$  (допускается принимать равной 1,01  $\cdot$  10 $^3$  Дж  $\cdot$  кг $^{-1} \cdot$  К $^{-1}$ );

$T_o$  - начальная температура воздуха, К.

7.2.3. В случае обращения в помещении ГГ, ЛВЖ или ГЖ, при определении значения массы  $m$ , которое входит в формулы (1) и (4), допускается учитывать работу аварийной вентиляции, если она обеспечена резервными вентиляторами, автоматическим пуском в случае превышения максимально допустимой взрывоопасной концентрации веществ в воздухе и электрообеспечением по первой категории надежности (ПУЭ) при условии размещения устройств для удаления воздуха из помещения в непосредственной близости от места возможной аварии (аппарата, установки и т.п.).

При этом массу  $m$  ГГ или паров ЛВЖ, или ГЖ, которые нагреты до температуры вспышки и выше, поступивших в объем помещения, следует разделить на коэффициент  $K$ , определяемый по формуле:

$$K = A \cdot \tau + 1, \quad (5)$$

где  $A$  - кратность воздухообмена, которую создает аварийная вентиляция, с $^{-1}$ ;

$\tau$  - продолжительность поступления ГГ и паров ЛВЖ и ГЖ в объем помещения, с (принимается по п. 7.1.2).

7.2.4. Массу  $m$ , кг, газа, который поступил в помещение во время расчетной аварии, определяют по формуле:

$$m = (V_a + V_T) \cdot \rho_g \quad (6)$$

где  $V_a$  - объем газа, который вышел из аппарата, м $^3$ ;

$V_T$  - объем газа, который вышел из трубопроводов, м $^3$ ;

$\rho_g$  - плотность газа при расчетной температуре  $t_p$ , кг  $\cdot$  м $^{-3}$ , что определяется по формуле (2).

При этом

$$V_a = \frac{P_1}{P_0} \cdot V = 0,01 \cdot P_1 \cdot V \quad (7)$$

где  $P_1$  - давление в аппарате, кПа;

$V$  - объем аппарата, м $^3$ ;

$P_0$  - атмосферное давление, которое равняется 101,3 кПа.

$$V_T = V_{1T} + V_{2T} \quad (8)$$

где  $V_{1T}$  - объем газа, который вышел из трубопровода до перекрытия, м $^3$ ;

$V_{2T}$  - объем газа, который вышел из трубопровода после перекрытия, м $^3$ ;

$$V_{1T} = q \cdot \tau \quad (9)$$

где  $q$  - расход газа, который определяют согласно технологическому регламенту в зависимости от давления в трубопроводе, его диаметра, температуры газовой среды и т.п., м $^3 \cdot$  с $^{-1}$ ;

$\tau$  - время, которое определяют по п. 7.1.2, с.

$$V_{2T} = p \frac{P_2}{P_0} \cdot V \cdot (r^2_1 \cdot L_1 + r^2_2 \cdot L_2 + \dots + r^2_n \cdot L_n) = 0,01 p \cdot P_2 \cdot (r^2_1 \cdot L_1 + r^2_2 \cdot L_2 + \dots + r^2_n \cdot L_n), \quad (10)$$

где  $P_2$  - максимальное давление в трубопроводе по технологическому регламенту, кПа;  
 $r$  - внутренний радиус трубопроводов, м;  
 $L$  - длина трубопроводов от аварийного аппарата до задвижек, м;  
 $P_0$  - атмосферное давление, которое равняется 101,3 кПа.

7.2.5. Массу паров жидкости  $m$ , которые поступили в помещение при наличии нескольких источников испарения (поверхность разлитой жидкости, поверхность со свеженанесенной жидкостью, открытые емкости и т.п.), определяют по формуле:

$$m = m_{жс} + m_{емк} + m_{св}, \quad (11)$$

где  $m_{жс}$  — масса жидкости, которая испарилась с поверхности разлива, кг;  
 $m_{емк}$  — масса жидкости, которая испарилась с поверхности открытых емкостей, кг;  
 $m_{св}$  — масса жидкости, которая испарилась с поверхностей, на которые был нанесен свежий состав, кг.

При этих условиях каждую из составляющих в формуле (11) определяют по формуле:

$$m = W \cdot F_u \cdot \tau \quad (12)$$

где  $W$  - интенсивность испарения,  $\text{кг} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{м}^{-2}$ ;  
 $F_u$  - площадь испарения,  $\text{м}^2$ , которую определяют соответственно п.7.1.2 в зависимости от массы жидкости  $m_{жс}$ , которая попала в помещение;  
 $\tau$  - продолжительность испарения, с.

В случае, если аварийная ситуация связана с возможным поступлением жидкости в распыленном состоянии, она должна быть учтена в формуле (11) путем введения дополнительной составляющей, которая учитывает общую массу жидкости, поступившую от распылительных устройств, исходя из продолжительности их работы.

7.2.6. Масса жидкости  $m_{жс}$ , кг, которая попала в помещение, определяется соответственно по п. 7.1. 2.

7.2.7. Интенсивность испарения  $W$  определяют по справочным и экспериментальным данным. Для ЛВЖ, которые не нагреты выше температуры окружающей среды, в случае отсутствия таких данных, допускается рассчитывать  $W$  по формуле:

$$W = 10^{-6} \cdot \eta \cdot (M)^{\frac{1}{2}} \cdot P_n \quad (13)$$

где  $\eta$  - коэффициент, который принимают по таблице 3 в зависимости от скорости воздушного потока, который создается аварийной вентиляцией, и температуры воздушного потока над поверхностью испарения (в случае отсутствия аварийной вентиляции  $\eta$  равняется 1);  
 $M$  - молярная масса,  $\text{г} \cdot \text{моль}^{-1}$ ;  
 $P_n$  - давление насыщенного пара при расчетной температуре жидкости  $t_p$  определенное по справочным данным в соответствии с требованиями п. 5.4, кПа, или по формуле:

$$P_n = 0,133 \cdot 10^{\left( A - \frac{B}{C_a + t_p} \right)} \quad (14)$$

где  $A, B, C$  - константы Антуана (справочные данные).

Коэффициент  $\eta$ , который принимают в зависимости от скорости воздушного потока и который создается аварийной вентиляцией, приведен в таблице 3.

**Таблица 3 Значение коэффициента  $\eta$  в зависимости от скорости воздушного потока и температуры воздуха в помещении**

| Скорость<br>воздушного потока в<br>помещении,<br>$\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$ | Значение коэффициента $\eta$ при температуре воздуха в помещении $t, ^\circ\text{C}$ |     |     |     |     |
|---|--|-----|-----|-----|-----|
|   | 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 |

### 7.3. Расчет избыточного давления взрыва для горючей пыли

7.3.1. Расчет избыточного давления взрыва  $\Delta P$ , кПа, производится по формуле (4), где коэффициент  $Z$  участия пыли во взвешенном состоянии (аэрозоль) во взрыве рассчитывается по формуле:

$$Z = 0,5 \cdot F, \quad (15)$$

где  $F$  - массовая доля частичек пыли размером меньше критического. С превышением критического размера частичек пыли аэрозоль становится взрывобезопасным, а именно таким, что неспособен распространять пламя. В случае отсутствия возможности получения данных относительно массовой доли частиц пыли размером частичек меньше критического допускается принимать  $Z = 0,5$ .

7.3.2. Расчетную массу пыли, которая находится в состоянии аэрозоля в объеме помещения в результате аварийной ситуации,  $m$ , кг, определяют по формуле:

$$m = m_{\text{вз}} + m_{\text{ав}}, \quad (16)$$

где  $m_{\text{вз}}$  - расчетная масса части отложившейся в помещении пыли, которая перешла в состояние аэрозоля, кг;

$m_{\text{ав}}$  - расчетная масса пыли, которая поступила в помещение в результате аварийной ситуации из аппаратов и технологического оборудования, кг.

7.3.3. Расчетную массу пыли, которая перешла в состояние аэрозоля,  $m_{\text{вз}}$  определяют по формуле:

$$m_{\text{вз}} = K_{\text{вз}} \cdot m_n \quad (17)$$

где  $K_{\text{вз}}$  - часть пыли, которая отложилась в помещении, способная перейти в состояние аэрозоля в результате аварийной ситуации. В случае отсутствия экспериментальных данных относительно значения  $K_{\text{вз}}$  допускается принимать  $K_{\text{вз}} = 0,9$ ;

$m_n$  - масса пыли, которая отложилась в помещении к моменту аварии, кг.

7.3.4. Расчетную массу пыли, которая попала в помещение из аппарата или технологического оборудования в результате аварийной ситуации,  $m_{\text{ав}}$ , определяют по формуле:

$$m_{\text{ав}} = (m_{\text{ан}} + q \cdot \tau) \cdot K_n, \quad (18)$$

где  $m_{\text{ан}}$  - масса горючей пыли, которая поступает в помещение из аппарата, кг;

$q$  - расход, с которым продолжают поступать пылевидные вещества в аварийный аппарат по трубопроводам до момента их перекрытия,  $\text{кг} \cdot \text{с}^{-1}$ ;

$\tau$  - время перекрытия, которое определяется по п. 7.1. 2 в), с;

$K_n$  — коэффициент пыления, который представляет собой отношение массы пыли в состоянии аэрозоля ко всей массе пыли, поступившей из аппарата в помещение. В случае отсутствия экспериментальных данных относительно значения  $K_n$  допускается принимать:

для пыли с дисперсностью не меньше чем 350 мкм  $K_n = 0,5$ ;

для пыли с дисперсностью меньше чем 350 мкм  $K_n = 1,0$ .

Значение  $m_{\text{ан}}$  принимают в соответствии с п. 7.1. 1 и п. 7.1. 3.

7.3.5. Массу пыли, которая отложилась в помещении к моменту аварии, определяют по формуле:

$$m_n = K_c \cdot (1 - K_{убор}) \cdot (m_1 + m_2) \quad (19)$$

где  $K_c$  - доля горючей пыли в общей массе собравшейся пыли;

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

$m_2$  - масса пыли, которая оседает на доступных для уборки поверхностях в помещении за период времени между текущими уборками, кг;

$K_{убор}$  - коэффициент эффективности уборки пыли, который принимается в случае уборки пыли вручную:

в случае сухой уборки - 0,6;

в случае влажной уборки - 0,7.

В случае применения автоматических средств уборки пыли коэффициент эффективности уборки пыли составляет:

для ровного пола - 0,9;

для пола с выбоинами (до 5 % площади) - 0,7.

Под труднодоступными для уборки площадями подразумевают такие поверхности в производственных помещениях, очистка которых осуществляется только при генеральных уборках. Доступными для уборки местами являются поверхности, пыль с которых удаляется в процессе текущих уборок пыли (каждую смену, ежедневно и т.п.)

Массу пыли  $m_i$  ( $i = 1$  (труднодоступные места);  $i = 2$  (доступные места), что оседает на различных поверхностях в помещении за период между уборками, определяют по формуле:

$$m_i = M_i \cdot (1 - \alpha) \cdot \beta_i \quad (i=1,2) \quad (20)$$

где  $M_i = \sum_j M_{ij}$  - масса пыли, которая попадает в объем помещения за период времени между генеральными уборками пыли, кг;

$M_{1j}$  - масса пыли, которая выделяется единицей оборудования, которое пылит, за период времени между генеральными уборками, кг;

$M_2 = \sum_j M_{2j}$  - масса пыли, выделяющаяся в объем помещения за период времени между текущими уборками пыли, кг;

$M_{2j}$  - масса пыли, которая выделяется единицей оборудования, которое пылит, за период времени между текущими уборками, кг;

$\alpha$  - доля пыли, которая попадает в объем помещения и которая удаляется вытяжными вентиляционными системами. В случае отсутствия экспериментальных данных относительно значения  $\alpha$  принимают  $\alpha = 0$ ;

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

В случае отсутствия данных относительно значений коэффициентов  $\beta_1$  и  $\beta_2$ , допускается принимать  $\beta_1 = 1, \beta_2 = 0$ .

7.3.7. Значение  $M_i$  ( $i = 1,2$ ) может быть также определено экспериментально (или по аналогии с действующими образцами производств) в период максимальной загрузки оборудования по формуле:

$$M_i = \sum_j (G_{ij} \cdot F_{ij}) \cdot \tau_i, \quad (i=1,2) \quad (21)$$

где  $G_{1j}, G_{2j}$  - интенсивность оседания пыли соответственно на труднодоступные  $F_{1j}$  ( $m^2$ ) и доступные  $F_{2j}$  ( $m^2$ ) площади,  $кг \cdot m^{-2} \cdot c^{-1}$ ;

$\tau_1, \tau_2$  - промежутки времени соответственно между генеральными и текущими уборками пыли, с.

7.3.8. При условии отсутствия данных о массе горючей пыли и волокон, которая выделяется в объеме помещения между уборками, о массе пыли, которая оседает на труднодоступных для уборки местах, и, как следствие, невозможность выполнения расчетов, принимать категорию помещения - Б.

#### 7.4. Определение избыточного давления взрыва для веществ и материалов, которые способны взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом

7.4.1. Расчетное избыточное давление взрыва  $\Delta P$  для веществ и материалов, которые способны взрываться и гореть во время взаимодействия с водой, кислородом воздуха или друг с другом, определяют по формуле (4), принимая, что  $Z=1$  и  $H_T$  - это энергия, которая выделяется во время взаимодействия вышеуказанных веществ (с учетом того, что вышеуказанный процесс взаимодействия проходит до конца, т.е. до образования конечных продуктов), или экспериментально во время натурных испытаний. В случае, если определить величину  $\Delta P$  невозможно, следует принимать ее большей 5 кПа.

#### 7.5. Определение избыточного давления взрыва для взрывоопасных смесей, которые содержат ГГ, пары и пыли

7.5.1. Расчетное избыточное давление взрыва  $\Delta P$  для сложных взрывоопасных смесей, которые содержат ГГ, пары и пыли, определяют по формуле:

$$\Delta P = \Delta P_1 + \Delta P_2 \quad (22)$$

где  $\Delta P_1$  - давление взрыва, вычисленное для ГГ, паров в соответствии с п. 7.2.1 и п. 7.2.2;

$\Delta P_2$  - давление взрыва, вычисленное для горючей пыли в соответствии с п. 7.3.1.

#### 7.6. Расчет категории помещений по пожарной опасности

7.6.1. К пожароопасной категории В относятся помещения, которые не относятся к категориям А и Б, где удельная пожарная нагрузка для твердых, жидких горючих веществ, а также ЛВЖ на отдельных участках площадью не меньше 10 м<sup>2</sup> каждая превышает 180 МДж/м<sup>2</sup>.

7.6.2. При расчете категории помещения по пожарной опасности выбирают вариант, когда в соответствии с технологическим процессом в помещении находится (оборачивается) наибольшее количество горючих веществ и материалов, которым соответствует наибольшая пожарная нагрузка.

7.6.3. Величину пожарной нагрузки  $Q$ , обусловленную наличием в пределах пожароопасного участка легковоспламеняющихся, горючих, трудногорючих жидкостей, твердых горючих и трудногорючих веществ и материалов, определяют по формуле:

$$Q = \sum_{i=1}^n G_i \cdot Q_i^p, \quad (23)$$

где  $G_i$  - количество  $i$ -го материала из пожарной нагрузки, кг;

$Q_i^p$  - нижняя теплота сгорания  $i$ -го материала из пожарной нагрузки, МДж/кг.

Удельную пожарную нагрузку  $g$ , МДж/м<sup>2</sup>, определяют из соотношения:

$$g = \frac{Q}{S} \quad (24)$$

где  $Q$  - пожарная нагрузка, МДж;

$S$  - площадь размещения материалов пожарной нагрузки, м<sup>2</sup> (не менее чем 10 м<sup>2</sup>).

7.6.5. В помещениях категории Д расстояние между участками с твердыми горючими и трудногорючими материалами пожарной нагрузки должно быть не меньше значений, которые приведены в таблице 4.

**Таблица 4 Значения минимальных предельных расстояний,  $l_{np1}$ , в зависимости от величины критической плотности падающих лучистых потоков  $q_{кр}$**

|  |    |    |    |    |    |     |     |     |
|--|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|
| $q_{кр}, \text{кВт}\cdot\text{м}^{-2}$ | 5  | 10 | 15 | 20 | 25 | 30  | 40  | 50  |
| $l_{np1}, \text{м}$                    | 12 | 8  | 6  | 5  | 4  | 3,8 | 3,2 | 2,8 |

Критическая поверхностная плотность лучистого потока - минимальное значение плотности теплового потока, при котором возникает стойкое пламенное горение материалов, на которые падает лучистый поток,  $q_{кр}, \text{кВт}\cdot\text{м}^{-2}$ .

В таблице 4 приведены минимальные предельные значения расстояний,  $l_{np1}$ , в зависимости от величины критической плотности падающих лучистых потоков  $q_{кр}, \text{кВт}\cdot\text{м}^{-2}$ , для твердых горючих и трудногорючих материалов пожарной нагрузки.

Минимальные предельные значения расстояний,  $l_{np1}$ , которые приведены в таблице 4, принимаются при условии, если  $H > 11\text{ м}$ ; если  $H < 11\text{ м}$ , то предельное расстояние определяют как  $l_{np} = l_{np1} + (11 - H)$ , где  $l_{np1}$  определяют из таблицы 4,  $H$  - минимальное расстояние от поверхности материалов пожарной нагрузки к нижнему поясу ферм перекрытия (покрытия), м.

7.6.6. Значения  $q_{кр}$  для некоторых материалов пожарной нагрузки приведены в таблице 5.

**Таблица 5 Значение  $q_{кр}$  для некоторых материалов пожарной нагрузки**

| Материал  | $q_{кр}, \text{кВт}\cdot\text{м}^{-2}$ |
|---|--|
| Дерево (сосна влажностью 12 %)  | 13,9                                   |
| Древесностружечные плиты (удельный вес $417 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-3}$ ) | 8,3                                    |
| Торфобрикет   | 13,2                                   |
| Торф кусковой   | 9,8                                    |
| Хлопок-волокно  | 7,5                                    |
| Слоистый пластик  | 15,4                                   |
| Стеклопластик   | 15,3                                   |
| Пергамин  | 17,4                                   |
| Резина  | 14,8                                   |
| Уголь   | 35,0                                   |
| Рулонная кровля   | 17,4                                   |
| Сено, солома (при минимальной влажности до 8 %)                             | 7,0                                    |

7.6.7. Если материалы пожарной нагрузки состоят из разных материалов, то значение  $l_{np}$  определяют по материалу с минимальным значением  $q_{кр}$ .

Для материалов пожарной нагрузки с неизвестными значениями  $q_{кр}$  значение расстояний принимают  $l_{np} \geq 12\text{ м}$ .

7.6.8. В случае если материалы пожарной нагрузки состоят из ЛВЖ или ГЖ, расстояние  $l_{np}$  между соседними участками размещения (разлива) материала пожарной нагрузки определяют по формуле:

$$l_{np} \geq 15\text{ м} \quad \text{при } H > 11, \quad (25)$$

$$l_{np} \geq 26 - H \quad \text{при } H < 11. \quad (26)$$

## **8. КАТЕГОРИИ ЗДАНИЙ И ОТДЕЛЬНЫХ ПРОТИВОПОЖАРНЫХ ОТСЕКОВ ПО ВЗРЫВОПОЖАРНОЙ И ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ**

8.1 В отдельных случаях по взрывопожарной и пожарной опасности категоризируется не всё здание, а его противопожарные отсеки, которые являются частями здания и отделены друг от друга противопожарной стеной 1-ого типа по всей высоте и ширине (или длине) дома.

8.2. Здание (противопожарный отсек) относится к категории А, если в нем суммарный объем помещений категории А превышает 5% общего объема здания (противопожарного отсека).

8.3. Здание или противопожарный отсек относят к категории Б, если одновременно выполняются два условия:

- здание или противопожарный отсек не относят к категории А;
- суммарный объем помещений категорий А и Б превышает 5 % объема здания или противопожарного отсека.

8.4. Здание или противопожарный отсек относится к категории В, если одновременно выполняются два условия:

- здание или противопожарный отсек не относят к категориям А или Б;
- суммарный объем помещений категорий А, Б и В превышает 5 % (10%, если в здании отсутствуют помещения категорий А и Б) объема здания или противопожарного отсека.

8.5. Здание или противопожарный отсек относят к категории Г, если одновременно выполняются два условия:

- здание или противопожарный отсек не относят к категориям А, Б или В;
- суммарный объем помещений категорий А, Б, В и Г превышает 5 % объема здания или противопожарного отсека.

8.6. Здание или противопожарный отсек относят к категории Д, если оно (он ) не относится к категориям А, Б, В или Г.

## **9 КАТЕГОРИИ НАРУЖНЫХ УСТАНОВОК ПО ВЗРЫВОПОЖАРНОЙ И ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ**

9.1. Категории наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности принимаются в соответствии с таблицей 6.

9.2. Определение категорий наружных установок следует осуществлять путем последовательной проверки принадлежности помещения к категориям, которые приведены в таблице 6, от высшей ( $A_n$ ) к низшей ( $D_n$ ). В таблице 6 одними из критериев, по которым наружная установка относится к определенной категории, является горизонтальный размер зоны (расстояние от аппарата (установки) до границы зоны, которая ограничивает газо-паровоздушную смесь с концентрацией горючего вещества выше нижнего концентрационного предела распространения пламени ( $C_{нкр}$ ), избыточное расчетное давление в случае загорания газо -, паро - или пылевоздушной смеси и интенсивность теплового излучения от очага пожара.



**Таблица 6 Категории наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности**

| Категория наружной установки                | Критерии отнесения наружной установки к той или другой категории по взрывопожарной и пожарной опасности   |
|---|---|
| 1   | 2   |
| <b>A<sub>н</sub></b><br>Взрывопожароопасная | Установка относится к категории A <sub>н</sub> , если в ней находятся (обращаются) горючие газы (ГГ); легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28°C; вещества и/или материалы, которые способны взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха и/или друг с другом. Горизонтальный размер зоны, ограничивший газовоздушные смеси с концентрацией горючего вещества выше нижнего концентрационного предела распространения пламени (C <sub>нклр</sub> ), превышает 30 м (этот критерий используется только для горючих газов и паров) и/или избыточное расчетное давление в случае воспламенения газо-паровоздушной смеси на расстоянии 30 м от наружной установки превышает 5 кПа |
| <b>B<sub>н</sub></b><br>Взрывопожароопасная | Установка относится к категории B <sub>н</sub> , если в ней присутствуют (обращаются) горючие пыли и/или волокна; легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки больше 28°C; горючие жидкости. Горизонтальный размер зоны, которая ограничивает паровоздушные смеси с концентрацией горючего вещества выше нижнего концентрационного предела распространения пламени (C <sub>нклр</sub> ), превышает 30 м (этот критерий используется только для горючих газов и паров) и/или избыточное расчетное давление в случае воспламенения паро- или пылевоздушной смеси на расстоянии 30 м от наружной установки превышает 5 кПа   |
| <b>B<sub>н</sub></b><br>Пожароопасная       | Установка относится к категории B <sub>н</sub> , если в ней присутствуют (обращаются) горючие газы, легковоспламеняющиеся, горючие и/или трудногорючие жидкости, горючие пыли и волокна, твердые горючие и/или трудногорючие вещества и материалы, а также вещества и/или материалы, которые способны при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом взрываться и гореть или только гореть при условии, что установка не относится к категориям A <sub>н</sub> или B <sub>н</sub> . Интенсивность теплового излучения от очага пожара на расстоянии 30 м от наружной установки превышает 4 кВт•м <sup>2</sup>   |
| <b>Г<sub>н</sub></b>                        | Установка относится к категории Г <sub>н</sub> , если в ней присутствуют (обращаются) негорючие вещества и/или материалы в горячем, раскаленном и/или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и/или пламени, а также горючие газы, жидкости и/или твердые вещества, которые сжигаются или утилизируются как топливо.   |
| <b>Д<sub>н</sub></b>                        | Установка относится к категории Д <sub>н</sub> , если она не относится к категориям A <sub>н</sub> , B <sub>н</sub> , B <sub>н</sub> , Г <sub>н</sub>   |

## **10. МЕТОДЫ РАСЧЕТА ЗНАЧЕНИЙ КРИТЕРИЕВ ВЗРЫВОПОЖАРНОЙ И ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ НАРУЖНЫХ УСТАНОВОК**

### **10.1. Методы расчета значений критериев взрывопожарной и пожарной опасности для горючих газов и паров**

#### **10.1.1. Выбор и обоснование расчетного варианта**

10.1.1.1. Как расчетный вариант следует выбирать наиболее неблагоприятный вариант аварии или период нормальной работы аппаратов, при котором во взрыве участвует наибольшее количество наиболее опасных веществ или материалов.

10.1.1.2. Количество веществ, которые поступили, и которые могут образовать горючие

газовоздушные или паровоздушные смеси, определяется исходя из следующих предпосылок:

- а) происходит расчетная авария одного из аппаратов в соответствии с п. 10.1.1.1 (в зависимости от того, какой из подходов к определению расчетного варианта аварии принят за основу);
- б) все содержимое аппарата поступает во внешнюю среду;
- в) происходит одновременно утечка веществ из трубопроводов, которые питают аппарат по прямому и обратному потокам на протяжении времени, которое необходимо для перекрытия трубопроводов.

Расчетное время перекрытия 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.

Расчетное время перекрытия трубопроводов следует принимать равным:

- времени срабатывания (приведения в действие) системы автоматики отключения (перекрытия) трубопроводов - в соответствии с паспортными данными установки, если вероятность отказа системы автоматики не превышает  $10^{-6}$  в год или обеспечено резервирование ее элементов;
- 120 с, если вероятность отказа системы автоматики превышает  $10^{-6}$  на год и не обеспечено резервирование ее элементов;
- 300 с, в случае ручного перекрытия.

Не допускается использование технических средств для перекрытия трубопроводов, для которых время перекрытия превышает приведенные выше значения.

Быстродействующие клапаны-отсекатели должны автоматически перекрывать подачу газа (жидкости) в случае нарушения электроснабжения или срабатывания автоматической пожарной сигнализации;

г) происходит испарение с поверхности жидкости, что разлилась; площадь испарения при разливе на горизонтальную поверхность определяется (в случае отсутствия информационных или экспериментальных данных), исходя из расчета, что 1 л смесей и растворов, которые содержат 70% и меньше (по массе) растворителей, проливается на площадь  $0,1 \text{ м}^2$ , а других жидкостей - на  $0,15 \text{ м}^2$ ;

д) происходит также испарение жидкостей с открытой поверхности емкостей технологического оборудования и с поверхностей, на которые по технологическому процессу нанесена горючая жидкость, которая на момент аварии находится в стадии высыхания;

е) длительность испарения жидкости принимается равной времени её полного испарения, но не больше 3600 с.

10.1.1.3. Масса газа  $m$ , кг, которая поступила во внешнюю среду во время расчетной аварии, определяется по формуле:

$$m = (V_a + V_T) \cdot \rho_g \quad (27)$$

где  $V_a$  - объем газа, который вышел из аппарата,  $\text{м}^3$ ;

$V_T$  - объем газа, что вышел из трубопровода,  $\text{м}^3$ ;

$\rho_g$  - плотность газа,  $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$ .

При этом

$$V_a = \frac{P_i}{P_0} \cdot V = 0,01 P_i \cdot V \quad (28)$$

где  $P_i$  - давление в аппарате, кПа;

$V$  - объем аппарата,  $\text{м}^3$ ;

$P_0$  - атмосферное давление, которое равняется 101,3 кПа.

$$V_T = V_{1T} + V_{2T} \quad (29)$$

где  $V_{1T}$  - объем газа, вышедшего из трубопровода до перекрытия,  $\text{м}^3$ ;

$V_{2T}$  - объем газа, вышедшего из трубопровода после его перекрытия,  $\text{м}^3$ ;

$$V_{1T} = q \cdot \tau, \quad (30)$$

где  $q$  - расход газа, определяемый в соответствии с технологическим регламентом в зависимости от давления в трубопроводе, его диаметра, температуры газовой среды и т.п.,  $\text{м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$ ;

$\tau$  - время, которое определяется по п. 10.1.1.2, с.

$$V_{2T} = p \cdot \frac{P_2}{P_0} \cdot (r_1^2 \cdot L_1 + r_2^2 \cdot L_2 + \dots + r_n^2 \cdot L_n) = 0,01p \cdot P_2 \cdot (r_1^2 \cdot L_1 + r_2^2 \cdot L_2 + \dots + r_n^2 \cdot L_n) \quad (31)$$

где  $P_2$  - максимальное давление в трубопроводе по технологическому регламенту, кПа;

$r$  - внутренний радиус трубопроводов, м;

$L$  - длина трубопроводов от аварийного аппарата до задвижек, м;

$P_0$  - атмосферное давление, которое равняется 101,3 кПа.

10.1.1.4. Масса паров жидкости  $m$ , кг, поступивших во внешнюю среду при наличии нескольких источников испарения (поверхность разлитой жидкости, поверхность со свеженанесенным составом, открытые емкости и т.п.), определяется из выражения:

$$m = m_p + m_{емк} + m_{св.окр} + m_{пер}, \quad (32)$$

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

$m_{емк}$  - масса жидкости, испарившейся с поверхностей открытых емкостей, кг;

$m_{св.окр}$  - масса жидкости, испарившейся со свежеекрасенных поверхностей, кг;

$m_{пер}$  - масса жидкости, испарившейся во внешнюю среду в случае перегрева, кг.

При этом каждое из слагаемых ( $m_p$ ,  $m_{емк}$ ,  $m_{св.окр}$ ) в формуле (32) определяется по формуле:

$$m = W \cdot F_u \cdot \tau, \quad (33)$$

где  $W$  - интенсивность испарения,  $\text{кг} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{м}^{-2}$ ;

$F_u$  - площадь испарения,  $\text{м}^2$ , определяемая в соответствии с п. 10.1.1.2 в зависимости от массы жидкости  $m_n$ , вышедшей во внешнюю среду;

$\tau$  - длительность поступления паров легковоспламеняющихся и горючих веществ во внешнюю среду в соответствии с п. 10.1.1.2, с.

Масса  $m_{пер}$  определяют при  $T_a > T_{кип}$  по формуле:

$$m_{пер} = \min \left\{ 0,8m_{п}; \frac{2C_{п} \cdot (T_a - T_{кип})}{L_{исп}} \cdot m_{п} \right\}, \quad (34)$$

где  $m_{п}$  - масса перегретой жидкости, которая вышла наружу, кг;

$C_{п}$  - удельная теплоемкость жидкости при температуре перегретой жидкости  $T_a$ ,  $\text{Дж} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$ ;

$T_a$  - температура перегретой жидкости в соответствии с технологическим регламентом в технологическом аппарате и установках, К;

$T_{кип}$  - нормальная температура кипения жидкости, К;

$L_{исп}$  - удельная теплота испарения жидкости при температуре перегрева жидкости  $T_a$ ,  $\text{Дж} \cdot \text{кг}^{-1}$ .

Если аварийная ситуация связана с возможным поступлением жидкости в распыленном состоянии, то она должна быть учтена в формуле (32) введением дополнительного слагаемого, учитывающего общую массу поступившей жидкости от распыляющих устройств, исходя из продолжительности их работы.

10.1.1.5. Масса  $m_n$  жидкости, которая вышла в окружающую среду, кг, определяется в соответствии с п. 10.1.1.2.

10.1.1.6. Интенсивность испарения  $W$  определяют по справочным и экспериментальным данным. Для ненагретых ЛВЖ, в случае отсутствия данных, допускается рассчитывать  $W$  по формуле:

$$W = 10^{-6} \cdot \sqrt{M} \cdot P_n, \quad (35)$$

где  $M$  - молярная масса,  $\text{г} \cdot \text{моль}^{-1}$ ;

$P_n$  - давление насыщенного пара при расчетной температуре жидкости, определяемое по справочным данным в соответствии с требованиями п. 5.4, кПа, или по формуле (14).

10.1.1.7. Для сжиженных углеводородных газов (СУГ), в случае отсутствия данных, до-

пускается производить расчет удельной массы испарившегося СУГ  $m_{\text{СУГ}}$  из пролива,  $\text{кг} \cdot \text{м}^{-2}$ , по формуле:

$$m_{\text{СУГ}} = \frac{M}{L_{\text{исп}}} \cdot (T_o - T_{\Gamma}) \cdot (2 \cdot l_{\text{TM}} \cdot \sqrt{\frac{t}{p \cdot a}} + \frac{5,1 \cdot \sqrt{\text{Re}} \cdot l_{\text{н}} \cdot t}{d}), \quad (36)$$

где  $M$  - молярная масса СУГ,  $\text{кг} \cdot \text{моль}^{-1}$ ;

$L_{\text{исп}}$  - молярная теплота испарения СУГ при начальной температуре СУГ  $T_o$ ,  $\text{Дж} \cdot \text{моль}^{-1}$ ;

$T_o$  - начальная температура материала, на поверхность которого пролился СУГ, К;

$T_{\Gamma}$  - начальная температура СУГ, К;

$\lambda_{\text{TM}}$  - коэффициент теплопроводности материала, на поверхность которого проливается СУГ,  $\text{Вт} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$ ;

$a = \frac{l_{\text{TM}}}{C_{\text{TM}} \cdot \rho_{\text{TM}}}$  - коэффициент температуропроводности материала, на поверхность которого

проливается СУГ,  $\text{м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$ ;

$C_{\text{TM}}$  - теплоемкость материала, на поверхность которого проливается СУГ,  $\text{Дж} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$ ;

$\rho_{\text{TM}}$  - плотность материала, на поверхность которого проливается СУГ,  $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$ ;

$\tau$  - текущее время, которое принимается равным времени полного испарения СУГ, но не больше 3600 с;

$\text{Re} = \frac{U \cdot d}{\nu_n}$  - число Рейнольдса;

$U$  - скорость воздушного потока,  $\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$ ;

$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{p}}$  - характерный размер пролива СУГ, м;

$\nu_n$  - кинематическая вязкость воздуха,  $\text{м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$ ;

$\lambda_n$  - коэффициент теплопроводности воздуха,  $\text{Вт} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$ .

Формула 36 справедлива для СУГ с температурой  $T < T_{\text{кип}}$ . При температуре СУГ  $T_{\Gamma} > T_{\text{кип}}$  дополнительно рассчитывается масса перегретых СУГ  $m_{\text{пер}}$  по формуле 34.

### 10.1.2. Определение горизонтальных размеров зон, которые ограничивают газо- и паровоздушные смеси с концентрацией горючего вещества выше нижнего концентрационного предела распространения пламени, в случае аварийного выхода горючих газов и паров ненагретых легковоспламеняющихся веществ во внешнюю среду

10.1.2.1. Горизонтальные размеры зоны, м, которые ограничивают область концентраций, превышающих нижний концентрационный предел распространения пламени (далее –  $C_{\text{нкр}}$ ), определяют по формуле:

для горючих газов (ГГ):

$$R_{\text{нкр}} = 14,5632 \cdot \left( \frac{m_{\Gamma}}{r_{\Gamma} \cdot C_{\text{нкр}}} \right)^{0,333} \quad (37)$$

для паров ненагретых легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ):

$$R_{\text{нкр}} = 3,1501 \cdot \sqrt{K} \cdot \left( \frac{P_{\text{н}}}{C_{\text{нкр}}} \right)^{0,813} \cdot \left( \frac{m_{\Pi}}{r_{\Pi} \cdot P_{\text{н}}} \right)^{0,333} \quad (38)$$

$$r_{\Gamma, \Pi} = \frac{M}{V_o \cdot (1 + 0,00367 \cdot t_P)} \quad (39)$$

где  $m_{\Gamma}$  - масса ГГ, поступившая во внешнюю среду во время аварийной ситуации, кг;

$\rho_{\Gamma}$  - плотность ГГ при расчетной температуре и атмосферном давлении,  $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$ ;

$m_{\Pi}$  - масса паров ЛВЖ, поступивших во внешнюю среду за время полного испарения, но не больше 3600 с, кг;

$\rho_{\Pi}$  - плотность паров ЛВЖ при расчетной температуре и атмосферном давлении,  $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$ ;

$P_{\Pi}$  - давление насыщенных паров ЛВЖ при расчетной температуре, кПа;

$K$  - коэффициент, принимаемый равным  $K=\tau/3600$  для ЛВЖ;

$\tau$  - продолжительность поступления паров ЛВЖ во внешнюю среду, с;

$C_{\text{нкр}}$  - нижний концентрационный предел распространения пламени ГГ или паров ЛВЖ, % (об.);

$M$  - молярная масса,  $\text{кг} \cdot \text{кмоль}^{-1}$ ;

$V_o$  - мольный объем, равный  $22,413 \text{ м}^3 \cdot \text{кмоль}^{-1}$ ;

$t_p$  - расчетная температура,  $^{\circ}\text{C}$ .

Как расчетную температуру следует принимать максимально возможную температуру воздуха в соответствующей климатической зоне или максимально возможную температуру воздуха по технологическому регламенту с учетом возможного повышения температуры в случае аварийной ситуации. Если данного значения расчетной температуры  $t_p$ , по каким-то причинам определить не удастся, допускается принимать равной  $61^{\circ}\text{C}$ .

10.1.2.2. За начало отсчета горизонтального размера зоны принимают наружные габаритные размеры аппаратов, установок, трубопроводов и т.п. Во всех случаях значение  $R_{\text{нкр}}$  должно быть не меньше 0,3 м для ГГ и ЛВЖ.

### 10.1.3. Расчет избыточного давления при сгорании смесей горючих газов и паров с воздухом в открытом пространстве

10.1.3.1. Исходя из рассмотренного варианта аварии, определяется масса  $m$ , кг, горючих газов и/или паров, вышедших в атмосферу из технологического аппарата в соответствии с пунктами 10.1.1.3 - 10.1.1.7.

10.1.3.2. Величина избыточного давления  $\Delta P$ , кПа, которая развивается в случае сгорания газопаровоздушных смесей, определяется по формуле:

$$\Delta P = P_0 \cdot (0,8 m_{\text{пр}}^{0,33} / r + 3 m_{\text{пр}}^{0,66} / r^2 + 5 m_{\text{пр}} / r^3), \quad (40)$$

где  $P_0$  - атмосферное давление, кПа (допускается принимать 101,3 кПа);

$r$  - расстояние от геометрического центра газопаровоздушного облака, м;

$m_{\text{пр}}$  - приведенная масса газа или пара, кг, рассчитывается по формуле:

$$m_{\text{пр}} = (Q_{\text{сг}} / Q_0) \cdot m \cdot Z, \quad (41)$$

где  $Q_{\text{сг}}$  - удельная теплота сгорания газа или пара,  $\text{Дж} \cdot \text{кг}^{-1}$ ;

$Z$  - коэффициент участия горючих газов и паров в горении, который допускается принимать равным 0,1;

$Q_0$  - константа, равная  $4,52 \cdot 10^6 \text{ Дж} \cdot \text{кг}^{-1}$ ;

$m$  - масса горючих газов и/или паров, поступивших в момент аварии во внешнюю среду, кг.

## 10.2. Метод расчета значений критериев пожарной опасности для горючей пыли

10.2.1. В качестве расчетного варианта аварии для определения критериев пожарной опасности горючей пыли следует выбирать наиболее неблагоприятный вариант аварии или период нормальной работы аппаратов, при котором в горении пылевоздушной смеси берет участие наибольшее количество веществ или материалов самых опасных в смысле последствий такого горения.

10.2.2. Количество поступивших веществ, которые могут образовывать горючие пылевоздушные смеси, определяется, исходя из того, что в момент расчетной аварии произошла плановая (ремонтные работы) или внезапная разгерметизация одного из технологических аппаратов, за которой последовал аварийный выброс в окружающее пространство находившейся в аппарате пыли.

10.2.3. Расчетная масса пыли, вышедшая во внешнюю среду в случае расчетной аварии, определяются по формуле:

$$m_p = m_{\text{вз}} + m_{\text{ав}}, \quad (42)$$

где  $m$  - расчетная масса горючей пыли, вышедшей во внешнюю среду, кг;  
 $m_{вз}$  - расчетная масса пыли, которая перешла в состояние аэрозоля, кг;  
 $m_{ав}$  - расчетная масса пыли, вышедшая в результате аварийной ситуации, кг.

10.2.4. Величина  $m_{вз}$  определяется по формуле:

$$m_{вз} = K_r \cdot K_{вн} \cdot m_n, \quad (43)$$

где  $K_r$  - доля горючей пыли в общей массе отложений пыли;  
 $K_{вн}$  - доля отложившейся вблизи аппарата пыли, способной перейти во взвешенное состояние в результате аварийной ситуации. В случае отсутствия экспериментальных данных о величине  $K_{вн}$  допускается принимать  $K_{вн} = 0,9$ ;  
 $m_n$  - масса пыли, отложившейся вблизи аппарата к моменту аварии, кг.

10.2.5. Величина  $m_{ав}$  определяется по формуле:

$$m_{ав} = (m_{ан} + q \cdot \tau) \cdot K_n, \quad (44)$$

где  $m_{ан}$  - масса горючей пыли, которая попадает во внешнюю среду в случае разгерметизации технологического аппарата, кг, в случае отсутствия инженерных устройств, ограничивающих выброс пыли, следует считать, что в момент расчетной аварии происходит аварийный выброс во внешнюю среду всей пыли, которая размещена в аппарате;  
 $q$  - расход, с которым продолжается выброс пылеобразных веществ в аварийный аппарат по трубопроводам до момента их перекрытия, кг  $\cdot$  с $^{-1}$ ;  
 $\tau$  - расчетное время перекрытия, с, определяемое в каждом конкретном случае, исходя из реальной обстановки, следует принимать равным времени срабатывания системы автоматики, если вероятность отказа не превышает  $10^{-6}$  в год или обеспечено резервирование элементов (но не больше 120 с); 120 с, в случае, если вероятность отказа системы автоматики превышает  $10^{-6}$  в год и не обеспечено резервирование элементов; 300 с в случае ручного перекрытия;  
 $K_n$  - коэффициент пыления, который представляет собой отношение массы пыли в состоянии аэрозоля ко всей массе пыли, которая вышла из аппарата. В случае отсутствия экспериментальных данных значение  $K_n$  допускается принимать: 0,5 - для пыли с дисперсностью не меньше 350 мкм; 1,0 - для пыли с дисперсностью меньше 350 мкм.

10.2.6. Избыточное давление  $\Delta P$  для горючей пыли рассчитывается следующим образом:

а) определяют приведенную массу горючей пыли  $m_{np}$ , кг, по формуле:

$$m_{np} = m \cdot Z \cdot H_T / H_{TO}, \quad (45)$$

где  $m$  - масса горючей пыли, которая вышла в результате аварии во внешнюю среду, кг;  
 $Z$  - коэффициент участия пыли в горении, значение которого допускается принимать равным 0,1. В отдельных обоснованных случаях величина  $Z$  может быть снижена, но не меньше 0,02;  
 $H_T$  - теплота сгорания пыли, Дж  $\cdot$  кг $^{-1}$ ;  
 $H_{TO}$  - константа, которая принимается равной  $4,6 \cdot 10^6$  Дж  $\cdot$  кг $^{-1}$ .

б) Расчетное избыточное давление  $\Delta P$ , кПа, определяется по формуле:

$$\Delta P = P_o (0,8 m_{np}^{0,33} / r + 3 m_{np}^{0,66} / r^2 + 5 m_{np} / r^3), \quad (46)$$

где  $r$  - расстояние от центра пылевоздушного облака, м. Допускается отсчитывать величину  $r$  от геометрического центра технологической установки;  
 $P_o$  - атмосферное давление, кПа.

### 10.3. Метод расчета интенсивности теплового излучения

10.3.1. Интенсивность теплового излучения определяется для двух случаев пожара (или для одного из них, который может быть в данной технологической установке):

- горение разлитых ЛВЖ, ГЖ или горение твердых горючих материалов (включая горение пыли);
- "огненный шар" - крупномасштабное диффузионное горение, реализуемое при разрыве резервуара с горючей жидкостью или газом под давлением с воспламенением содержимого резервуара.

Если возможна реализация обоих случаев, то при оценке значений критерия пожарной опасности учитывается наибольшая из двух величин интенсивности теплового излучения.

10.3.2. Интенсивность теплового излучения  $q$ , кВт  $\cdot$  м<sup>-2</sup>, для пожара разлива жидкости или при горении твердых материалов определяется по формуле:

$$q = E_f \cdot F_q \cdot \psi, \quad (47)$$

где  $E_f$  - среднеповерхностная плотность теплового потока излучения пламени, кВт  $\cdot$  м<sup>-2</sup>;

$F_q$  - угловой коэффициент излучения;

$\psi$  - коэффициент пропускания теплового излучения сквозь атмосферу.

Значение  $E$  принимается на основе имеющихся экспериментальных данных. Для некоторых жидких углеводородных топлив принимаются данные, приведенные в таблице 8.

В случае отсутствия данных допускается принимать величину  $E_f$  равной: 100 кВт  $\cdot$  м<sup>-2</sup> для СУГ; 40 кВт  $\cdot$  м<sup>-2</sup> для нефтепродуктов; 40 кВт  $\cdot$  м<sup>-2</sup> для твердых материалов.

**Таблица 8. Среднеповерхностная плотность теплового излучения пламени в зависимости от диаметра очага пожара и удельная массовая скорость выгорания для некоторых жидких углеводородных топлив**

| Топливо            | $E_f$ , кВт $\cdot$ м <sup>-2</sup> |            |            |            |            | $M_v$ ,<br>кг $\cdot$ м <sup>-2</sup> $\cdot$ с <sup>-1</sup> |
|--------------------|-------------------------------------|------------|------------|------------|------------|---|
|                    | $d = 10$ м                          | $d = 20$ м | $d = 30$ м | $d = 40$ м | $d = 50$ м |   |
| СУГ (Метан)        | 220                                 | 180        | 150        | 130        | 120        | 0,08  |
| СУГ (Пропан-бутан) | 80                                  | 63         | 50         | 43         | 40         | 0,10  |
| Бензин             | 60                                  | 47         | 35         | 28         | 25         | 0,06  |
| Дизельное топливо  | 40                                  | 32         | 25         | 21         | 18         | 0,04  |
| Нефть              | 25                                  | 19         | 15         | 12         | 10         | 0,04  |

**Примечание.** Для диаметров очагов менее 10 м или более 50 м следует принимать величину  $E_f$  такой же, как и для очагов диаметром 10 м и 50 м соответственно. Определяется эффективный диаметр разлива  $d$ , м, по формуле:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{p}}, \quad (48)$$

где  $F$  - площадь разлива, м<sup>2</sup>.

Определяется высота пламени  $H$ , м, по формуле:

$$H = 42 \cdot d \cdot \left( \frac{M_v}{r_B \cdot \sqrt{g \cdot d}} \right)^{0,61} \quad (49)$$

где  $M_v$  - удельная массовая скорость выгорания топлива, кг  $\cdot$  м<sup>-2</sup>  $\cdot$  с<sup>-1</sup>;

$\rho_B$  - плотность окружающего воздуха, кг  $\cdot$  м<sup>-3</sup>;

$g = 9,81$  м  $\cdot$  с<sup>-2</sup> - ускорение свободного падения.

Определяют угловой коэффициент излучения  $F_q$  по формулам:

$$F_q = \sqrt{F_B^2 + F_G^2}, \quad (50)$$

где  $F_B$ ,  $F_G$  - факторы облученности для вертикальной и горизонтальной площадок соответственно, определяемые с помощью приведенных ниже формул:

$$F_B = \frac{1}{p} \cdot \left\{ \frac{1}{S} \cdot \arctg \left( \frac{h}{\sqrt{S^2 - 1}} \right) - \frac{h}{S} \cdot \left[ \arctg \left( \sqrt{\frac{S-1}{S+1}} \right) - \frac{A}{\sqrt{A^2 - 1}} \cdot \arctg \left( \sqrt{\frac{(A+1) \cdot (S-1)}{(A-1) \cdot (S+1)}} \right) \right] \right\} \quad (51)$$

$$F_{\Gamma} = \frac{1}{p} \cdot \left[ \frac{(B-1/S)}{\sqrt{B^2-1}} \cdot \arctg \left( \sqrt{\frac{(B+1) \cdot (S-1)}{(B-1) \cdot (S+1)}} \right) - \frac{(A-1/S)}{\sqrt{A^2-1}} \cdot \arctg \left( \sqrt{\frac{(A+1) \cdot (S-1)}{(A-1) \cdot (S+1)}} \right) \right] \quad (52)$$

$$A = (h^2 + S^2 + 1) / (2 \cdot S), \quad (53)$$

$$B = (1 + S^2) / (2 \cdot S), \quad (54)$$

$$S = 2r/d, \quad (55)$$

$$h = 2H/d, \quad (56)$$

где  $r$  - расстояние от геометрического центра пролива до облучаемого объекта, м.

Определяют коэффициент пропускания теплового излучения сквозь атмосферу по формуле:

$$\psi = \exp [-7,0 \cdot 10^{-4} \cdot (r - 0,5d)]. \quad (57)$$

10.3.3. Интенсивность теплового излучения  $q$ , кВт  $\cdot$  м<sup>-2</sup>, для "огненного шара" определяют по формуле (49).

Величину  $E_f$  определяют на основе имеющихся экспериментальных данных. Допускается принимать  $E_f$  равной 450 кВт  $\cdot$  м<sup>-2</sup>.

Значение  $F_q$  определяют по формуле:

$$F_q = \frac{H/D_s + 0,5}{4 \cdot [(H/D_s + 0,5)^2 + (r/D_s)^2]^{1,5}}, \quad (58)$$

где  $H$  - высота центра "огненного шара", м;

$D_s$  - эффективный диаметр "огненного шара", м;

$r$  - расстояние от облучаемого объекта до точки на поверхности земли непосредственно под центром "огненного шара", м.

Эффективный диаметр "огненного шара"  $D_s$ , м, определяют по формуле:

$$D_s = 5,33m^{0,327} \quad (59)$$

где  $m$  - масса горючего вещества, кг.

Значение  $H$  определяют в процессе специальных исследований. Допускается принимать величину  $H$  равной  $D_s/2$ .

Время существования "огненного шара"  $t_s$ , с, определяют по формуле:

$$t_s = 0,92m^{0,303} \quad (61)$$

Коэффициент пропускания теплового излучения сквозь атмосферу  $\psi$  определяется по формуле:

$$\psi = \exp \left[ -7,0 \cdot 10^{-4} \cdot (\sqrt{r^2 + H^2} - D_s/2) \right] \quad (60)$$



## РАСЧЕТНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА $Z$ УЧАСТИЯ ГОРЮЧИХ ГАЗОВ И ПАРОВ НЕНАГРЕТЫХ ЛЕГКОВОСПЛАМЕНЯЮЩИХСЯ ЖИДКОСТЕЙ ВО ВЗРЫВЕ

Материалы данного приложения используются в случае  $100t/(r_{г,п} \cdot V_{св}) < 0,5 C_{нкпр}$ , где  $C_{нкпр}$  — нижний концентрационный предел распространения пламени газа или пара, % (об.) и для помещений в форме прямоугольного параллелепипеда с отношением длины к ширине не более 5.

1. Коэффициент  $Z$  участия горючих газов и паров легко воспламеняющихся веществ во взрыве и заданном уровне значимости  $Q$  ( $C > \bar{C}$ ) (уровень значимости в данном случае - вероятность того, что значение концентрации  $C$  превысит значение математического ожидания этой случайной величины  $\bar{C}$ ) определяется по формуле:

$$\text{при } X_{нкпр} \leq \frac{1}{2}L \text{ и } Y_{нкпр} \leq \frac{1}{2}S$$

$$Z = \frac{5 \cdot 10^{-3} \cdot p}{m} \cdot r_{г,п} \cdot \left( C_0 + \frac{C_{нкпр}}{d} \right) \cdot X_{нкпр} \cdot Y_{нкпр} \cdot Z_{нкпр}, \quad (1)$$

$$\text{при } X_{нкпр} > \frac{1}{2}L \text{ и } Y_{нкпр} > \frac{1}{2}S$$

$$Z = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{m} \cdot r_{г,п} \cdot \left( C_0 + \frac{C_{нкпр}}{d} \right) \cdot F \cdot Z_{нкпр}, \quad (2)$$

где  $C_0$  — предэкспоненциальный множитель, % (об.), равняется:

в случае отсутствия движения воздушного пространства для горючих газов

$$C_0 = 3,77 \cdot 10^3 \cdot \frac{m}{r_{г,п} \cdot V_{св}} \quad (3)$$

в случае движения воздушного пространства для горючих газов

$$C_0 = 3 \cdot 10^2 \cdot \frac{m}{r_{г,п} \cdot V_{св} \cdot U}, \quad (4)$$

в случае отсутствия движения воздушного пространства для паров легко воспламеняющихся веществ

$$C_0 = C_n \cdot \left( \frac{m \cdot 100}{C_n \cdot r_{п,г} \cdot V_{св}} \right)^{0,41}, \quad (5)$$

в случае движения воздушного пространства для паров легко воспламеняющихся веществ

$$C_0 = C_n \cdot \left( \frac{m \cdot 100}{C_n \cdot r_{п,г} \cdot V_{св}} \right)^{0,46}, \quad (6)$$

где  $m$  - масса газа или паров ЛВЖ, поступающих в помещение в соответствии с разделом 7, кг;

$\delta$  - допустимые отклонения концентрации при задаваемом уровне значимости  $Q$  ( $C > \bar{C}$ ), приведены в таблице данного приложения;

$X_{нкпр}$ ,  $Y_{нкпр}$ ,  $Z_{нкпр}$  - расстояния по осям  $X$ ,  $Y$  и  $Z$  от источника поступления газа или пара, ограниченные нижним концентрационным пределом распространения пламени соответственно, м, рассчитываются по формулам (10— 12) приложения;

$L, S$  - длина и ширина помещения, м;

$F$  - площадь пола помещения, м<sup>2</sup>;

$U$  - подвижность воздушного пространства, м • с<sup>-1</sup>;

$C_n$  - концентрация насыщенных паров при расчетной температуре  $t$ , °С, воздуха в помещении, % (об.).

Концентрация  $C_n$  может быть рассчитана по формуле:

$$C_n = 100 \cdot \frac{P_n}{P_0} \quad (7)$$

где  $P_n$  - давление насыщенных паров при расчетной температуре (принимается по справочным данным), кПа;

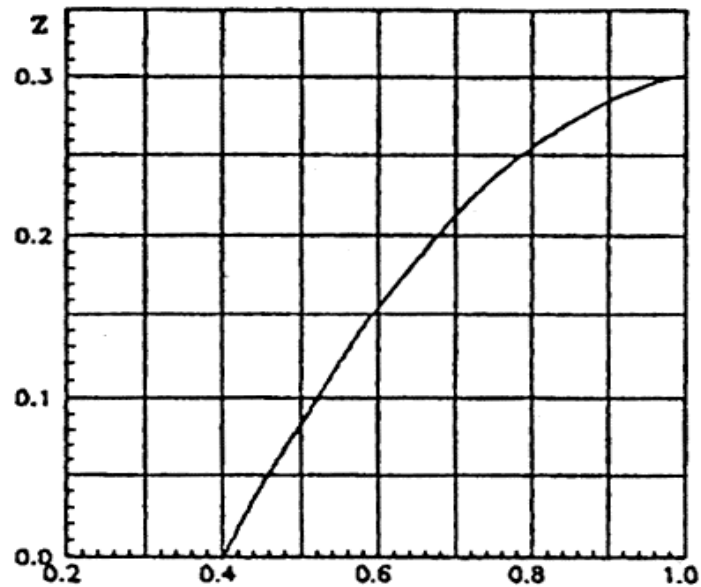
$P_0$  - атмосферное давление, равняется 101,3 кПа.

**Таблица. Значения допустимых отклонений концентрации при уровне значимости  $Q (C > \bar{C})$**

| Характер распределения концентраций   | $Q (C > \bar{C})$ | $\delta$ |
|---|-------------------|----------|
| Для горючих газов при отсутствии движения воздушной среды                       | 0,1               | 1,29     |
|   | 0,05              | 1,38     |
|   | 0,01              | 1,53     |
|   | 0,003             | 1,63     |
|   | 0,001             | 1,70     |
|   | 0,000001          | 2,04     |
| Для горючих газов при движении воздушной среды                                  | 0,1               | 1,29     |
|   | 0,05              | 1,37     |
|   | 0,01              | 1,52     |
|   | 0,003             | 1,62     |
|   | 0,001             | 1,70     |
|   | 0,000001          | 2,03     |
| Для паров легковоспламеняющихся веществ при отсутствии движения 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 легковоспламеняющихся веществ при движении 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     |

Уровень значимости  $Q (C > \bar{C})$  выбирается, исходя из особенностей технологического процесса. Допускается принимать  $Q (C > \bar{C})$  равным 0,05.

1. Значения коэффициента  $Z$  участия паров легковоспламеняющихся веществ во взрыве может быть определено по графику, приведенному на Рис.



**Рис. Значения коэффициента  $Z$  участия паров легковоспламеняющихся веществ во взрыве**

Значение  $X$  определяется по формуле:

$$X = \begin{cases} C_H / C^*, & \text{если } C_H \leq C^* \\ 1, & \text{если } C_H > C^* \end{cases} \quad (8)$$

где  $C^*$  - величина, которая задается соотношением

$$C^* = j \cdot C_{ст}, \quad (9)$$

где  $j$  - эффективный коэффициент избытка горючего вещества, который принимается равным 1,9;  
 $C_{ст}$  - стехиометрическая концентрация.

2. Расстояние  $X_{нкпр}$ ,  $Y_{нкпр}$  и  $Z_{нкпр}$  рассчитывается по формулам:

$$X_{нкпр} = K_1 \cdot L \cdot \left( K_2 \cdot \ln \frac{d \cdot C_0}{C_{нкпр}} \right)^{0.5}, \quad (10)$$

$$Y_{нкпр} = K_1 \cdot S \cdot \left( K_2 \cdot \ln \frac{d \cdot C_0}{C_{нкпр}} \right)^{0.5}, \quad (11)$$

$$Z_{нкпр} = K_3 \cdot H \cdot \left( K_2 \cdot \ln \frac{d \cdot C_0}{C_{нкпр}} \right)^{0.5}, \quad (12)$$

где  $K_1$  - коэффициент, который принимается равным 1,1314 для горючих газов и 1,1958 для легковоспламеняющихся веществ;

$K_2$  - коэффициент, который принимается за 1 для горючих газов и  $K_2 = \tau/3600$  для легко-воспламеняющихся веществ;

$K_3$  - коэффициент, который принимается равным 0,0253 для горючих газов при отсутствии движения воздушной среды; 0,02828 для горючих газов при движения воздушной среды; 0,04714 для легковоспламеняющихся веществ при отсутствии движения воздушной среды и 0,3536 для легковоспламеняющихся веществ при движении воздушной среды;

$H$  - высота помещения, м.

При отрицательных значениях логарифмов расстояния  $X_{нкпр}$ ,  $Y_{нкпр}$  и  $Z_{нкпр}$  принимаются равными 0.