

Министерство образования и науки Российской Федерации

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПЕТРА ВЕЛИКОГО**

Монашков В. В.

Обеспечение пожарной безопасности
Учебное пособие по практическим занятиям

**Санкт-Петербург
2018**

Содержание	стр
Введение.....	3
1. Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности.....	3
1.1. Общие методические указания по выбору условий и аварийных ситуаций.....	3
1.2. Методика и примеры определений категорий помещений по взрывопожарной и опасности при обращении горючих газов, легковоспламеняющихся и горючих жидкостей	6
1.3. Методика и примеры определений категорий помещений по взрывопожарной и пожарной опасности при обращении горючих пылей.....	14
1.4. Методика и примеры определений категорий помещений по пожарной опасности при обращении горючих жидкостей и твердых горючих веществ и материалов (В1 – В4).....	20
1.5. Методика и примеры определений категорий зданий по взрывопожарной и пожарной опасности.....	22
2. Определение категорий наружных установок по пожарной опасности.....	24
3. Определение категорий взрывоопасности технологических объектов (блоков).....	31
Литература.....	40
Приложение 1	42
Приложение 2.....	46

Введение

Категория - классификационная характеристика пожарной и взрывопожарной опасности помещения, здания (сооружения, строения), наружной установки и технологической установки (блока).

До 1987 года в стране действовали нормативы [1-3], в которых в качестве классификационных характеристик объектов пожарной защиты были приняты **категории производства**. Все производства подразделялись на следующий ряд категорий – А(взрывопожароопасные), Б(взрывопожароопасные), В(пожароопасные), Г, Д и Е(взрывоопасные).

Критериями, определяющими классификационную характеристику объекта, являлись показатели пожаровзрывоопасности обращающихся веществ и объемы взрывоопасных смесей, образующихся в аварийной ситуации.

Действующие с 1987 года нормативы в качестве объекта защиты рассматривают: - помещения и здания (сооружения, строения) - [4,6,8-9],

- наружные установки - [7,8-9],

- технологические объекты (стадии, блоки) - [10].

Классификация зданий, сооружений, строений и помещений по пожарной и взрывопожарной опасности применяется для установления требований пожарной безопасности, направленных на предотвращение возможности возникновения пожара и обеспечение противопожарной защиты людей и имущества в случае возникновения пожара в зданиях, сооружениях, строениях и помещениях.

Для объектов производственного и складского назначения (помещения, здания (сооружения, строения), технологических объектов(стадии, блоки) и наружных установок критерием пожарной и взрывопожарной опасности принята характеристика – категория. Эта характеристика определяет потенциальную опасность пожара и взрыва по значению избыточного давления взрыва или тепловой нагрузки и не рассматривает вероятность реализации явления (вероятность принята равной единицы) в этом и состоит условность характеристики.

1. Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности

1.1. Общие методические указания по выбору условий и аварийных ситуаций

Основным методическим нормативным документом по определению категорий помещений и зданий производственного и складского назначения по пожарной и взрывопожарной опасности, независимо от их функционального назначения являются ФЗ 123 [8] и СП 12.13130.2009 [9].

Категории помещения производственного и складского назначения по пожарной и взрывопожарной опасности подразделяются в соответствии с таблицей 1.

Т а б л и ц а 1

Категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности

Категория помещения	Характеристика веществ и материалов, находящихся (обращающихся) в помещении
А Повышенная взрывопожароопасность	Горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28 °С в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные парогазовоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа, 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 кПа
Б Взрывопожароопасность	Горючие пыли или волокна, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки более 28 °С, 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 кПа
В1—В4 Пожароопасность	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

Категория помещения	Характеристика веществ и материалов, находящихся (обращающихся) в помещении
Г Умеренная пожароопасность	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
Д Пониженная пожароопасность	Негорючие вещества и материалы в холодном состоянии

Определение категорий помещений следует осуществлять путем последовательной проверки принадлежности помещения к категориям, приведенным в таблице 1, от наиболее опасной (А) к наименее опасной (Д):

п.1.1 При расчете критериев взрывопожарной опасности в качестве расчетного следует выбирать наиболее неблагоприятный вариант аварии или период нормальной работы аппаратов, при котором в образовании горючих газо-, паро-, пылевоздушных смесей участвует наибольшее количество газов, паров, пылей, наиболее опасных в отношении последствий сгорания этих смесей.

п.1.2 Количество поступивших в помещение веществ, которые могут образовать горючие газозоодушные, парозоодушные, пылевоздушные смеси, определяется, исходя из следующих предпосылок:

- а) происходит расчетная авария одного из аппаратов согласно п 1.1;
- б) все содержимое аппарата поступает в помещение;
- в) происходит одновременно утечка веществ из трубопроводов, питающих аппарат, по прямому и обратному потокам в течение времени, необходимого для отключения трубопроводов.

Расчетное время отключения трубопроводов определяют 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 отключения трубопроводов следует принимать равным:

- времени срабатывания системы автоматики отключения трубопроводов согласно паспортным данным установки, если вероятность отказа системы автоматики не превышает 0,000001 в год или обеспечено резервирование ее элементов;

- 120 с, если вероятность отказа системы автоматики превышает 0,000001 в год и не обеспечено резервирование ее элементов;

- 300 с при ручном отключении;

г) происходит испарение с поверхности разлившейся жидкости; площадь испарения при разливе на пол определяется (при отсутствии справочных данных), исходя из расчета, что 1 литр смесей и растворов, содержащих 70 % и менее (по массе) растворителей, разливается на площади 0,5 м², а остальных жидкостей — на 1 м² пола помещения;

д) происходит также испарение жидкости из емкостей, эксплуатируемых с открытым зеркалом жидкости, и со свежеекрашенных поверхностей;

е) длительность испарения жидкости принимается равной времени ее полного испарения, но не более 3600 с.

п.1.3 Количество пыли, которое может образовать пылевоздушную смесь, определяется из следующих предпосылок:

а) расчетной аварии предшествовало пыленакопление в производственном помещении, происходящее в условиях нормального режима работы (например, вследствие пылевыделения из негерметичного производственного оборудования);

б) в момент расчетной аварии произошла плановая (ремонтные работы) или внезапная разгерметизация одного из технологических аппаратов, за которой последовал аварийный выброс в помещение всей находившейся в аппарате пыли.

п.1.4 Свободный объем помещения определяется как разность между объемом помещения и объемом, занимаемым технологическим оборудованием. Если свободный объем помещения определить невозможно, то его допускается принимать условно, равным 80 % геометрического объема помещения.

1.2. Методика и примеры определения категорий помещений по взрывопожарной и опасности при обращении горючих газов, легковоспламеняющихся и горючих жидкостей

Расчеты категорий помещений по взрывопожарной и опасности начинают с определения избыточного давления горючих газов и ПГФ.

1.2.1. Избыточное давление ΔP для индивидуальных горючих веществ, состоящих из атомов С, Н, О, N, Cl, Br, I, F, определяется по формуле

$$\Delta P = (P_{\max} - P_0) \frac{mZ}{V_{\text{св}} \rho_{\text{г,п}}} \cdot \frac{100}{C_{\text{ст}}} \cdot \frac{1}{K_{\text{н}}}, \quad (\text{A.1})$$

где P_{\max} — максимальное давление, развиваемое при сгорании стехиометрической газовой или паровой смеси в замкнутом объеме, определяемое экспериментально или по справочным данным в соответствии с требованиями 4.3. При отсутствии данных допускается принимать P_{\max} равным 900 кПа;

P_0 — начальное давление, кПа (допускается принимать равным 101 кПа);

m — масса горючего газа (ГГ) или паров легко воспламеняющихся (ЛВЖ) и горючих жидкостей (ГЖ), вышедших в результате расчетной аварии в помещение, вычисляемая для ГГ по формуле (А.6), а для паров ЛВЖ и ГЖ по формуле (А.11), кг;

Z — коэффициент участия горючих газов и паров в горении, который может быть рассчитан на основе характера распределения газов и паров в объеме помещения согласно приложению Д. Допускается принимать значение Z по таблице А.1;

$V_{св}$ — свободный объем помещения, м³;

$\rho_{г,п}$ — плотность газа или пара при расчетной температуре t_p , кг · м⁻³, вычисляемая по формуле

$$\rho_{г,п} = \frac{M}{V_0(1 + 0,00367t_p)}, \quad (A.2)$$

где M молярная масса, м³ · кмоль⁻¹;

V_0 — мольный объем, равный 22,413 м³ · кмоль⁻¹;

t_p — расчетная температура, °С.

В качестве расчетной температуры следует принимать максимально возможную температуру воздуха в данном помещении в соответствующей климатической зоне [4] или максимально возможную температуру воздуха по технологическому регламенту с учетом возможного повышения температуры в аварийной ситуации. Если такого значения расчетной температуры t_p по каким-либо причинам определить не удастся, допускается принимать ее равной 61 °С;

$C_{ст}$ — стехиометрическая концентрация ГГ или паров ЛВЖ и ГЖ, % (объемных), вычисляемая по формуле

$$C_{ст} = \frac{100}{1 + 4,84\beta}, \quad (A.3)$$

где $\beta = n_C + \frac{n_H - n_X}{4} - \frac{n_O}{2}$ стехиометрический коэффициент кислорода в реакции сгорания ;

n_C, n_H, n_O, n_X — число атомов С, Н, О и галоидов в молекуле горючего;

K_n — коэффициент, учитывающий негерметичность помещения и неадиабатичность процесса горения. Допускается принимать K_n равным трем.

Т а б л и ц а А.1 — Значение коэффициента Z участия горючих газов и паров в горении

Вид горючего вещества	Значение Z
-----------------------	--------------

Водород	1,0
Горючие газы (кроме водорода)	0,5
Легковоспламеняющиеся и горючие жидкости, нагретые до температуры вспышки и выше	0,3
Легковоспламеняющиеся и горючие жидкости, нагретые ниже температуры вспышки, при наличии возможности образования аэрозоля	0,3
Легковоспламеняющиеся и горючие жидкости, нагретые ниже температуры вспышки, при отсутствии возможности образования аэрозоля	0

1.2.2. Расчет ΔP для индивидуальных веществ, кроме упомянутых в 1.2.1, а также для смесей может быть выполнен по формуле

$$\Delta P = \frac{mH_T P_0 Z}{V_{св} \rho_v C_p T_0} \cdot \frac{1}{K_n}, \quad (\text{A.4})$$

где H_T — теплота сгорания, Дж · кг⁻¹;

ρ_v — плотность воздуха при начальной температуре T_0 , кг · м⁻³;

C_p — теплоемкость воздуха, Дж · кг⁻¹ · К⁻¹ (допускается принимать равной $1,01 \cdot 10^3$, Дж · кг⁻¹ · К⁻¹);

T_0 — начальная температура воздуха, К.

1.2.3. В случае обращения в помещении горючих газов, легковоспламеняющихся или горючих жидкостей при определении массы m , входящей в формулы (А.1) и (А.4), допускается учитывать работу аварийной вентиляции. При условии, что она обеспечена резервными вентиляторами, автоматическим пуском при превышении предельно допустимой взрывобезопасной концентрации и электроснабжением по первой категории надежности по Правилам устройства электроустановок (ПУЭ) и при наличии расположения устройств для удаления воздуха из помещения в непосредственной близости от места возможной аварии.

При этом массу m горючих газов или паров легковоспламеняющихся или горючих жидкостей, нагретых до температуры вспышки и выше, поступивших в объем помещения, следует разделить на коэффициент K , определяемый по формуле

$$K = AT + 1, \quad (\text{A.5})$$

где A — кратность воздухообмена, создаваемого аварийной вентиляцией, с⁻¹;

T — продолжительность поступления горючих газов и паров легковоспламеняющихся и горючих жидкостей в объем помещения, с (принимается по А.1.2).

1.2.4 Масса m , кг, поступившего в помещение при расчетной аварии газа определяется по формуле

$$m = (V_a + V_T)\rho_T, \quad (\text{A.6})$$

где V_a — объем газа, вышедшего из аппарата, м^3 ;

V_T — объем газа, вышедшего из трубопроводов, м^3 .

При этом

$$V_a = 0,01 \cdot P_1 V, \quad (\text{A.7})$$

где P_1 — давление в аппарате, кПа;

V — объем аппарата, м^3 ;

$$V_T = V_{1T} + V_{2T}, \quad (\text{A.8})$$

где V_{1T} — объем газа, вышедшего из трубопровода до его отключения, м^3 ;

V_{2T} — объем газа, вышедшего из трубопровода после его отключения, м^3 ;

$$V_{1T} = qT, \quad (\text{A.9})$$

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

T — время, определяемое по А.1.2, с;

$$V_{2T} = 0,01 \cdot \pi P_2 (r_1^2 L_1 + r_2^2 L_2 + \dots + r_n^2 L_n), \quad (\text{A.10})$$

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

$r_{1,2,\dots,n}$ — внутренний радиус трубопроводов, м;

$L_{1,2,\dots,n}$ — длина трубопроводов от аварийного аппарата до задвижек, м.

1.2.5 Масса паров жидкости m , поступивших в помещение при наличии нескольких источников испарения (поверхность разлитой жидкости, поверхность со свеженанесенным составом, открытые емкости и т. п.), определяется из выражения:

$$m = m_p + m_{\text{емк}} + m_{\text{св.окр}}, \quad (\text{A.11})$$

где m_p — масса жидкости, испарившейся с поверхности разлива, кг;

$m_{\text{емк}}$ — масса жидкости, испарившейся с поверхностей открытых емкостей, кг;

$m_{\text{св.окр}}$ — масса жидкости, испарившейся с поверхностей, на которые нанесен применяемый состав, кг.

При этом каждое из слагаемых в формуле (А.11) определяется по формуле

$$m = WF_{\text{и}}T, \quad (\text{A.12})$$

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

$F_{\text{и}}$ — площадь испарения, м^2 , определяемая в соответствии с А.1.2 в зависимости от массы жидкости $m_{\text{п}}$, вышедшей в помещение.

Если аварийная ситуация связана с возможным поступлением жидкости в распыленном состоянии, то она должна быть учтена в формуле (А.11) введением дополнительного слагаемого, учитывающего общую массу поступившей жидкости от распыляющих устройств, исходя из продолжительности их работ.

1.2.6 Массу $m_{п}$, кг, вышедшей в помещение жидкости, определяют в соответствии с А.12.

1.2.7 Интенсивность испарения W определяется по справочным и экспериментальным данным. Для ненагретых выше расчетной температуры (окружающей среды) ЛВЖ при отсутствии данных допускается рассчитывать W по формуле

$$W = 10^{-6} \cdot \eta \sqrt{M} \cdot P_{н}, \quad (\text{А.13})$$

где η — коэффициент, принимаемый по таблице А.2 в зависимости от скорости и температуры воздушного потока над поверхностью испарения;

$P_{н}$ — давление насыщенного пара при расчетной температуре жидкости $t_{р}$, определяемое по справочным данным, кПа.

Таблица А.2

Значение коэффициента η в зависимости от скорости и температуры воздушного потока

Скорость воздушного потока в помещении, $\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$	Значение коэффициента η при температуре t , °С, воздуха в помещении				
	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

1.2.8 Масса паров m , кг, при испарении жидкости, нагретой выше расчетной температуры, но не выше температуры кипения жидкости, определяется по соотношению

$$m = 0,02 \sqrt{M} \cdot P_{н} \frac{C_{ж} m_{п}}{L_{исп}}, \quad (\text{А.14})$$

где $C_{ж}$ — удельная теплоемкость жидкости при начальной температуре испарения, $\text{Дж} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$;

$L_{исп}$ — удельная теплота испарения жидкости при начальной температуре испарения, определяемая по справочным данным, $\text{Дж} \cdot \text{кг}^{-1}$.

При отсутствии справочных данных допускается рассчитывать $L_{исп}$ по формуле

$$L_{\text{исп}} = \frac{19,173 \cdot 10^3 B T_a^2}{(T_a + C_a - 273,2)^2 \cdot M}, \quad (\text{A.15})$$

где B , C_a — константы уравнения Антуана, определяемые по справочным данным для давления насыщенных паров, измеряемого в кПа;

T_a — начальная температура нагретой жидкости, К;

M — молярная масса жидкости, кг · кмоль⁻¹.

Формулы (А.14) и (А.15) справедливы для жидкостей, нагретых от температуры вспышки и выше при условии, что температура вспышки жидкости превышает значение расчетной температуры.

ПРИМЕРЫ РАСЧЕТОВ

Алгоритм решения

1. Анализ постановки задачи или обследование объекта защиты .
2. Разработка (выбор) условий аварийной ситуации.
3. Выбор формулы для расчета избыточного давления взрыва.
4. Подготовка (справочные данные, расчеты) составляющих в формуле по расчету избыточного давления взрыва.
5. Расчет избыточного давления взрыва.
6. Определение категорий помещений по взрывопожарной и пожарной опасности
7. Анализ результатов определения и соответствующие выводы.

Пример 1.1. (ЛВЖ)

1. Задача - определить категорию производственного помещения по взрывопожарной и пожарной опасности, в котором над уровнем пола размещается емкость с ЛВЖ. Параметры помещения и условия технологического процесса:
 Размеры помещения (10x10x6), (м³);
 Наименование ЛВЖ – изопропиловый спирт.
 Объем ЛВЖ в емкости 100 л.
 Максимальная температура воздуха в помещении равна 35°С (по технологическому регламенту). Аварийная вентиляция в помещении отсутствует.
2. Условия аварийной ситуации:
 - при нарушении герметичности емкости происходит одномоментный разлив ЛВЖ на пол помещения.
3. Для расчета избыточного давления взрыва выбираем формулу (А.1).
4. Справочные данные и расчеты составляющих величин в формуле по

расчету избыточного давления взрыва [11]:

Брутто формула для ИПС - C₃H₈O:

M (молекулярная масса ИПС) = 60,09:

Плотность ИПС составляет 784 кг\м³

$$P_{\max} = (742,3-101) (87,4 \times 0,3 \times 100)/480 \times 2,68 \times 4.29 \times 3=91 \text{ (кПа)}$$

6. Определение категорий помещений по взрывопожарной и пожарной опасности:

Определение категории помещения производим в соответствии с таблицей 1 по значению расчетного избыточного давления взрыва в помещении, которое превышает 5 кПа. Категория помещения определяется как

«А повышенная взрывопожароопасность».

Пример 1.2. (природный газ)

1. Задача. Определить категорию производственного помещения по взрывопожарной и пожарной опасности, в котором происходит неконтролируемая утечка природного горючего газа из горелки бытовой газовой плиты.

Параметры помещения условия внешней среды:

Размеры помещения (3x4x3) м³. Аварийная вентиляция отсутствует. Максимальная температура воздуха в помещении равна 25° С .

Решение.

2. Условия аварийной ситуации:

Неконтролируемая утечка природного горючего газа из горелки бытовой газовой плиты происходит в течение 1 час.

3. Для расчета избыточного давления взрыва выбираем формулу (А.1).

4. Справочные данные и расчеты составляющих величин в формуле по расчету избыточного давления взрыва:

где P_{max} - максимальное давление, развиваемое при сгорании природного горючего газа принимаем по метану равным 706 кПа в соответствии с [13];

P₀ — начальное давление принимаем равным 101 кПа;

m — массу горючего газа вычисляем по формуле:

$$m = V \times \rho,$$

где V -расход газа из горелки, м³\час, принимаем по данным ГОСТ 10798-2003 [16]:

$$V = 3600 N / \rho_{\text{г}} = 3600 \times 4 / 35400 = 0,4 \text{ м}^3\text{\час.}$$

где — N - тепловая мощность горелки, принимаем равной 4 кВт (духовка);

- Нг - теплота сгорания природного газа, которая составляет 35400 кДж/м³, [16];
I - время не контролируемой утечки газа.

$$m = V \times I = 0,4 \times 1 = 0,4 \text{ (м}^3\text{)} = 0,32 \text{ (кг)}.$$

5. Расчет избыточного давления взрыва.

$$P_{\text{расч}} = (706 - 101) (0,32 \times 0,5 \times 100) / 28,8 \times 0,8 \times 9,36 \times 3 = 13,6 \text{ (кПа)}$$

6. Определение категорий помещений по взрывопожарной и пожарной опасности:

Определение категории помещения производим в соответствии с таблицей 1 по значению расчетного избыточного давления взрыва в помещении, которое превышает 5 кПа. Категория помещения по взрывопожарной и пожарной опасности определяется как -

« А Повышенная взрывопожароопасность».

Пример 1.3. (СУГ)

1. Задача - определить категорию производственного помещения по взрывопожарной и пожарной опасности, в котором находится баллон с пропан-бутановой смесью газов. Параметры помещения и условия технологического процесса:

Размеры помещения (10x10x4), (м³);

Содержание СУГ – 60% пропана и 40; бутана, [17];

Объем баллона 50 л

Масса СУГ -21 кг, [17];

Максимальная температура воздуха в помещении равна 25°C. Аварийная вентиляция в помещении отсутствует.

Решение

2. Условия аварийной ситуации:

- при нарушении герметичности баллона происходит одномоментное испарение и выход СУГ в помещения.

3. Для расчета избыточного давления взрыва выбираем формулу (А.1).

4. Справочные данные и расчеты составляющих величин в формуле по расчету избыточного давления взрыва [13]:

Брутто формула для пропана - C₃H₈

Брутто формула для бутана - C₄H₁₀

M (молекулярная масса) пропана = 44

М (молекулярная масса) бутана = 58
 Плотность ПГФ смеси СУГ по воздуху составляет 2,21 (кг\м3);

P_{max} - максимальное давление, развиваемое при сгорании стехиометрической паровоздушной смеси в замкнутом объеме, принимаем по пропану из справочных данных [13] равным 843 кПа;

P_0 — начальное давление принимаем равным 101 кПа;

Коэффициент участия горючих паров (Z) принимаем равным 0,5 по значению из таблицы А.1.;

— свободный объем помещения ($V_{св}$) принимаем равным 80 % геометрического объема помещения, что составляет 320 (м³);

$C_{ст}$ стехиометрическая концентрация паров СУГ по пропану — % (объемных), вычисляем по формуле

$$C_{ст} = \frac{100}{1 + 4,84\beta},$$

где $\beta = n_C + \frac{n_H - n_X}{4} - \frac{n_O}{2}$ стехиометрический коэффициент кислорода € — имеет значение равным 5;

$$C_{ст} = 100 / (1 + 4,84 \times 5) = 4.$$

K_n — коэффициент, учитывающий негерметичность помещения и неадиабатичность процесса горения принимаем равным трем [9].

m — масса паров СУГ в баллоне составляет 21 кг, [17];

5. Расчет избыточного давления взрыва.

$$P_{max} = (843 - 101) (21 \times 0,5 \times 100) / 320 \times 2,21 \times 5 \times 3 = 74.4 \text{ (кПа)}$$

6. Определение категорий помещений по взрывопожарной и пожарной опасности:

Определение категории помещения производим в соответствии с таблицей 1 по значению расчетного избыточного давления взрыва в помещении, которое превышает 5 кПа. Категория помещения по взрывопожарной и пожарной опасности определяется как-

«Б Взрывопожароопасность»

1.3. Методика и примеры определения категорий помещений по взрывопожарной и пожарной опасности при обращении горючих пылей

1.3.1 Расчет избыточного давления ΔP , кПа, производится по формуле (А.4):

$$\Delta P = \frac{mH_T P_0 Z}{V_{св} \rho_B C_p T_0} \cdot \frac{1}{K_H}, \quad (\text{A.4})$$

Где m - расчетная масса взвешенной в объеме помещения пыли, кг;

H_T — теплота сгорания пыли, Дж · кг⁻¹;

P_0 — начальное давление, кПа (допускается принимать равным 101 кПа);

Z — коэффициент участия горючей пыли во взрыве. Допускается принимать значение Z равным 0,5 при значении F равным 1;

$V_{св}$ — свободный объем помещения, м³;

ρ_B — плотность воздуха при начальной температуре, кг · м⁻³;

C_p — теплоемкость воздуха, Дж · кг⁻¹ · К⁻¹ (допускается принимать равной 1,01 · 10³, Дж · кг⁻¹ · К⁻¹);

T_0 — начальная температура воздуха, К.

Коэффициент Z участия взвешенной пыли в горении рассчитывают по формуле

$$Z = 0,5F, \quad (\text{A.16})$$

где F — массовая доля частиц пыли размером менее критического, с превышением которого аэрозоль становится неспособной распространять пламя. В отсутствие возможности получения сведений для оценки величины F допускается принимать $F = 1$.

Согласно ГОСТ 12.1.041-89* к пылям относятся твердые частицы размером мене 850 мкм.

Расчетную массу взвешенной в объеме помещения пыли m , кг, образовавшейся в результате аварийной ситуации, определяют по формуле

$$m = \min \left\{ \begin{array}{l} m_{вз} + m_{ав} \\ \rho_{ст} V_{ав} / Z \end{array} \right., \quad (\text{A.17})$$

где $m_{вз}$ — расчетная масса взвихрившейся (отложенной на поверхностях, вторичной) пыли, кг;

$m_{ав}$ — расчетная масса пыли, поступившей в помещение в результате аварийной ситуации, кг;

$\rho_{ст}$ — стехиометрическая концентрация горючей пыли в аэрозоль, кг · м⁻³;

$V_{ав}$ — расчетный объем пылевоздушного облака, образованного при

аварийной ситуации в объеме помещения, м³.

В отсутствие возможности получения сведений для расчета $V_{ав}$ допускается принимать

$$m = m_{вз} + m_{ав}. \quad (A.18)$$

А.3.3 Расчетную массу взвихрившейся пыли $m_{вз}$ определяют по формуле

$$m_{вз} = K_{вз} m_{п}, \quad (A.19)$$

где $K_{вз}$ — доля отложившейся в помещении пыли, способной перейти во взвешенное состояние в результате аварийной ситуации. При отсутствии экспериментальных сведений о величине $K_{вз}$ допускается принимать $K_{вз} = 0,9$;

$m_{п}$ — масса отложившейся в помещении пыли к моменту аварии, кг.

А.3.4 Расчетную массу пыли, поступившей в помещение в результате аварийной ситуации, $m_{ав}$, определяют по формуле

$$m_{ав} = (m_{ап} + qT)K_{п}, \quad (A.20)$$

где

$m_{ап}$ — масса горючей пыли, выбрасываемой в помещение из аппарата, кг;

q — производительность, с которой продолжается поступление пылевидных веществ в аварийный аппарат по трубопроводам до момента их отключения, кг · с⁻¹;

T — время отключения, определяемое по А.1.2 (в), с;

$K_{п}$ — коэффициент пыления, представляющий отношение массы взвешенной в воздухе пыли ко всей массе пыли, поступившей из аппарата в помещение. При отсутствии экспериментальных данных о величине $K_{п}$ допускается принимать:

- $K_{п} = 0,5$ — для пылей с дисперсностью не менее 350 мкм;

- $K_{п} = 1,0$ — для пылей с дисперсностью менее 350 мкм.

Величину $m_{ап}$ принимают в соответствии с А.1.1 и А.1.3.

А.3.5 Массу отложившейся в помещении пыли к моменту аварии определяют по формуле

$$m_{п} = \frac{K_{г}}{K_{у}} (m_1 + m_2), \quad (A.21)$$

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

— $K_{у}$ - коэффициент эффективности пылеуборки. Принимают равным 0,6 при сухой и 0,7 — при влажной пылеуборке (ручной). При механизированной вакуумной пылеуборке для ровного пола $K_{у}$ принимают равным 0,9; для пола с выбоинами (до 5 % площади) —

0,7;

- 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.

Под труднодоступными для уборки площадями подразумевают такие поверхности в производственных помещениях, очистка которых осуществляется только при генеральных пылеуборках. Доступными для уборки местами являются поверхности, пыль с которых удаляется в процессе текущих пылеуборок (ежесменно, ежесуточно и т. п.).

А.3.6 Масса пыли m_i ($i = 1; 2$), оседающей на различных поверхностях в помещении за межуборочный период, определяется по формуле

$$m_i = M_i(1 - \alpha)\beta_i, \quad (i = 1; 2), \quad (\text{A.22})$$

где $M_1 = \sum_j M_{1j}$ — масса пыли, выделяющаяся в объем помещения за период времени между генеральными пылеуборками, кг;

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

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

M_{2j} — масса пыли, выделяемая единицей пылящего оборудования за указанный период, кг;

α — доля выделяющейся в объем помещения пыли, которая удаляется вытяжными вентиляционными системами. При отсутствии экспериментальных данных о величине α полагают $\alpha = 0$;

β_1, β_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 коэффициентах β_1 и β_2 допускается принимать $\beta_1 = 1, \beta_2 = 0$.

А.3.7 M_i ($i = 1; 2$) могут быть также определены экспериментально (или по аналогии с действующими образцами производств) в период максимальной загрузки оборудования по формуле

$$M_i = \sum_j (G_{ij} F_{ij}) \tau_i, \quad (i = 1; 2) \quad (\text{A.23})$$

где G_{1j} — интенсивность пылеотложений соответственно на труднодоступных F_{1j} (м²) и доступных F_{2j} (м²) площадях, кг · м⁻² · с⁻¹;
 G_{2j} —
 τ_1 , — промежуток времени соответственно между генеральными и
 τ_2 — текущими пылеуборками, с.

Определение избыточного давления для смесей, содержащих горючие газы (пары) и пыли

Расчетное избыточное давление ΔP для гибридных смесей, содержащих горючие газы (пары) и пыли, определяется по формуле

$$\Delta P = \Delta P_1 + \Delta P_2,$$

где ΔP_1 — избыточное давление, вычисленное для горючего газа (пара) в соответствии с А.2.1 и А.2.2;

ΔP_2 — избыточное давление, вычисленное для горючей пыли в соответствии с А.3.1.

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЙ

Пример 1.4. (пыль)

1. Задача - определить категорию производственного помещения по взрывопожарной и пожарной опасности, в котором происходит загрузка порошкообразного материала из открытой емкости ручным способом (совком) в вибросито.

Параметры помещения – (5x5x4) м³;

Масса порошкообразного материала в одном совке равна 1 кг;

Наименование порошкообразного материала-крахмал.

Решение

2. Условия аварийной ситуации:

рассыпание одного совка порошкообразного материала на пол помещения.

3. Выбор формулы для расчета избыточного давления взрыва.

Для расчета избыточного давления взрыва выбираем формулу (А.4).

4. Справочные данные и расчеты составляющих величин в формуле по расчету избыточного давления взрыва [13]:

Крахмал картофельный –

- дисперсность -74 мкм

- теплота сгорания – 16800 кДж\кг
- массовую долю частиц пыли размером менее критического, с превышением которого взрывозвесь становится неспособной распространять пламя (F) принимаем равной 1, [9, 13].

- расчетную массу взвихрившейся (отложенной на поверхности вторичной) пыли ($m_{вз}$) принимаем равной нулю;
- коэффициент пыления, представляющий отношение взвешенной в воздухе пыли ко всей массе пыли, поступившей из аппарата в помещение ($K_{п.}$) принимаем равным 1, [1];

$$m = m_{вз} + m_{ав} = m_{ав} = 1 \text{ (кг)}$$

5. Расчет избыточного давления взрыва.

$$P_{\max} = (1 \times 16800 \times 101 \times 0,5) / 80 \times 1.2 \times 1.01 \times 298 \times 3$$

$$= 9,9 \text{ (кПа)}$$

6. Определение категорий помещений по взрывопожарной и пожарной опасности

Определение категории помещения по взрывопожарной и пожарной опасности производим в соответствии с таблицей 1 по значению расчетного избыточного давления взрыва в помещении, которое превышает 5 кПа. Категория помещения определяется как-
«Б Повышенная взрывопожароопасность».

7. Анализ результатов определения и соответствующие выводы.

При наличии в воздухе производственного помещения органической пыли концентрацией более 10 г\м практически всегда при взрыве приводит к избыточному давлению более 5 кПа и соответственно к категории по взрывопожарной и пожарной опасности «Б Взрывопожароопасность»

1.4. Методы определения категорий помещений В1—В4

Б.1 Определение категорий помещений В1—В4 осуществляют путем сравнения максимального значения удельной временной пожарной нагрузки (далее — пожарная нагрузка) на любом из участков с величиной удельной пожарной нагрузки, приведенной в таблице Б.1.

Таблица Б.1 — Удельная пожарная нагрузка и способы размещения для категорий В1—В4

Категория помещения	Удельная пожарная нагрузка g на участке, МДж · м ⁻²	Способ размещения
В1	Более 2200	Не нормируется
В2	1401–2200	В соответствии с Б.2
В3	181–1400	В соответствии с Б.2
В4	1–180	На любом участке пола помещения площадь каждого из участков пожарной нагрузки не более 10 м ² . Способ размещения участков пожарной нагрузки определяется согласно Б.2

Б.2 При пожарной нагрузке, включающей в себя различные сочетания (смесь) легковоспламеняющихся, горючих, трудногорючих жидкостей, твердых горючих и трудногорючих веществ и материалов в пределах пожароопасного участка пожарная нагрузка Q , МДж, определяется по формуле

$$Q = \sum_{i=1}^n G_i Q_{ni}^p, \quad (\text{Б.1})$$

где G_i — количество i -того материала пожарной нагрузки, кг;

Q_{ni}^p — низшая теплота сгорания i -того материала пожарной нагрузки, МДж · кг⁻¹.

Удельная пожарная нагрузка g , МДж · м⁻², определяется из соотношения

$$g = \frac{Q}{S}, \quad (\text{Б.2})$$

где S — площадь размещения пожарной нагрузки, м² (но не менее 10 м²).

В помещениях категорий В1—В4 допускается наличие нескольких участков с пожарной нагрузкой, не превышающей значений, приведенных в таблице Б.1. В помещениях категории В4 расстояния между этими участками должны быть более

предельных. В таблице Б.2 приведены рекомендуемые значения предельных расстояний $l_{пр}$ в зависимости от величины критической плотности падающих лучистых потоков $q_{кр}$, кВт · м⁻², для пожарной нагрузки, состоящей из твердых горючих и трудногорючих материалов. Значения $l_{пр}$, приведенные в таблице Б.2, рекомендуются при условии, если $H > 11$ м; если $H < 11$ м, то предельное расстояние определяется как $l = l_{пр} + (11 - H)$, где $l_{пр}$ — определяется из таблицы Б.2; H — минимальное расстояние от поверхности пожарной нагрузки до нижнего пояса ферм перекрытия (покрытия), м.

Т а б л и ц а Б.2 — Значения предельных расстояний $l_{пр}$ в зависимости от критической плотности падающих лучистых потоков $q_{кр}$

$q_{кр}$, кВт · м ⁻²	5	1	1	2	25	30	40	50
$l_{пр}$, м	1 2	8	6	5	4	3,8	3,2	2,8

Значения $q_{кр}$ для некоторых материалов пожарной нагрузки приведены в таблице Б.3.

Т а б л и ц а Б.3 — Значения $q_{кр}$ для некоторых материалов пожарной нагрузки

Материал	$q_{кр}$, кВт · м ⁻²
Древесина (сосна влажностью 12 %)	13,9
Древесно-стружечные плиты (плотностью 417 кг · м ⁻³)	8,3
Торф брикетный	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

Если пожарная нагрузка состоит из различных материалов, то $q_{кр}$ определяется по материалу с минимальным значением $q_{кр}$.

Для материалов пожарной нагрузки с неизвестными значениями $q_{кр}$ предельные расстояния принимаются $l_{пр} \geq 12$ м.

Для пожарной нагрузки, состоящей из ЛВЖ или ГЖ, расстояние $l_{пр}$ между соседними участками размещения (разлива) пожарной нагрузки допускается рассчитывать по формулам:

$$l_{пр} \geq 15 \text{ м} \quad \text{при } H \geq 11 \text{ м}, \quad (\text{Б.3})$$

$$l_{пр} \geq 26 - H \quad \text{при } H < 11 \text{ м}. \quad (\text{Б.4})$$

Если при определении категорий В2 или В3 количество пожарной нагрузки Q , определенное по формуле (Б.2), отвечает неравенству:

$$Q \geq 0,64g_{т}H^2, \quad (\text{Б.5})$$

то помещение будет относиться к категориям В1 или В2 соответственно.

Здесь $g_{т} = 2200 \text{ МДж} \cdot \text{м}^{-2}$ при $1401 \text{ МДж} \cdot \text{м}^{-2} \leq g \leq 2200 \text{ МДж} \cdot \text{м}^{-2}$,
 $g_{т} = 1400 \text{ МДж} \cdot \text{м}^{-2}$ при $181 \text{ МДж} \cdot \text{м}^{-2} \leq g \leq 1400 \text{ МДж} \cdot \text{м}^{-2}$.

1.5. Методика и примеры расчетов категории зданий по взрывопожарной и пожарной опасности

1. 6.1 Категории зданий по взрывопожарной и пожарной опасности определяются, исходя из доли и суммированной площади помещений той или иной категории опасности в этом здании.

1.6.2 Здание относится к категории А, если в нем суммированная площадь помещений категории А превышает 5 % площади всех помещений или 200 м².

1.6.3 Здание не относится к категории А, если суммированная площадь помещений категории А в здании не превышает 25 % суммированной площади всех размещенных в нем помещений (но не более 1000 м²) и эти помещения оснащаются установками автоматического пожаротушения.

1.6.4 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 % суммированной площади всех помещений или 200 м².

1.6.5 Здание не относится к категории Б, если суммированная площадь помещений категорий А и Б в здании не превышает 25 % суммированной площади всех размещенных в нем помещений (но не более 1000 м²) и эти помещения оснащаются установками автоматического пожаротушения.

6.6 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 % (10 %, если в здании отсутствуют помещения категорий А и Б) суммированной площади всех помещений.

1.6.7 Здание не относится к категории В, если суммированная площадь помещений категорий А, Б, В1, В2 и В3 в здании не превышает 25 % суммированной площади всех размещенных в нем помещений (но не более 3500 м²) и эти помещения оснащаются установками автоматического пожаротушения.

1.6.8 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 % суммированной площади всех помещений.

1.6.9 Здание не относится к категории Г, если суммированная площадь помещений категорий А, Б, В1, В2, В3 и Г в здании не превышает 25 % суммированной площади всех размещенных в нем помещений (но не более 5000 м²) и помещения категорий А, Б, В1, В2 и В3 оснащаются установками автоматического пожаротушения.

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

2. Методика и примеры определения категорий наружных установок по пожарной опасности

Категории наружных установок по пожарной опасности принимаются в соответствии с таблицей 2.

Т а б л и ц а 2 — Категории наружных установок по пожарной опасности

Категория наружной установки	Критерии отнесения наружной установки к той или иной категории по пожарной опасности
АН повышенная взрыво-пожаро-опасность	Установка относится к категории АН, если в ней присутствуют (хранятся, перерабатываются, транспортируются) горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28 °С, вещества и (или) материалы, способные гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха и (или) друг с другом (при условии, что величина пожарного риска при возможном сгорании указанных веществ с образованием волн давления превышает одну миллионную в год на расстоянии 30 м от наружной установки)
БН взрывопожаро-опасность	Установка относится к категории БН, если в ней присутствуют (хранятся, перерабатываются, транспортируются) горючие пыли и (или) волокна, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки более 28 °С, горючие жидкости (при условии, что величина пожарного риска при возможном сгорании пыле- и (или) паровоздушных смесей с образованием волн давления превышает одну миллионную в год на расстоянии 30 м от наружной установки)

Окончание таблицы 2

Категория наружной установки	Критерии отнесения наружной установки к той или иной категории по пожарной опасности
ВН Пожароопасность	Установка относится к категории ВН, если в ней присутствуют (хранятся, перерабатываются, транспортируются) горючие и (или) трудногорючие жидкости, твердые горючие и (или) трудногорючие вещества и (или) материалы (в том числе пыли и (или) волокна), вещества и (или) материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха и (или) друг с другом гореть, и если не реализуются критерии, позволяющие отнести установку к категории АН или БН (при условии, что величина пожарного риска при возможном сгорании указанных веществ и (или) материалов превышает одну миллионную в год на расстоянии 30 м от наружной установки)
ГН умеренная пожароопасность	Установка относится к категории ГН, если в ней присутствуют (хранятся, перерабатываются, транспортируются) 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 в качестве топлива
ДН пониженная пожароопасность	Установка относится к категории ДН, если в ней присутствуют (хранятся, перерабатываются, транспортируются) в основном негорючие вещества и (или) материалы в холодном состоянии и если по перечисленным выше критериям она не относится к категории АН, БН, ВН или ГН

Определение категорий наружных установок следует осуществлять путем последовательной проверки их принадлежности к категориям, приведенным в таблице 2, от наиболее опасной (АН) к наименее опасной (ДН).

В случае, если из-за отсутствия данных представляется невозможным оценить величину пожарного риска, допускается использование вместо нее следующих критериев.

Для категорий АН и БН:

- горизонтальный размер зоны, ограничивающей газопаровоздушные смеси с концентрацией горючего выше нижнего концентрационного предела распространения пламени (НКПР) по ГОСТ 12.1.044, превышает 30 м (данный критерий применяется только для горючих газов и паров) и (или)

- расчетное избыточное давление при сгорании газо-, паро- или пылевоздушной смеси на расстоянии 30 м от наружной установки превышает 5 кПа.

Для категории ВН:

- интенсивность теплового излучения от очага пожара веществ и (или) материалов, указанных для категории ВН, на расстоянии 30 м от наружной установки превышает $4 \text{ кВт} \cdot \text{м}^{-2}$.

2.1. Оценка пожарного риска

Пожарный риск $P(a)$ (год^{-1}) в определенной точке территории (a), на расстоянии 30 м от наружной установки, определяют с помощью соотношения:

$$P(a) = \sum_{j=1}^J Q_{aj}(a) Q_j, \quad (1)$$

где J — число сценариев развития аварий, возможных на наружной установке:

- 1) избыточное давление и импульс волны давления;
- 2) тепловое излучение;
- 3) высокотемпературные продукты сгорания;
- 4) факел при струйном горении газа.

$Q_{aj}(a)$ — условная вероятность поражения человека в определенной точке территории (a) в результате реализации j -того сценария развития аварии, отвечающего определенному инициирующему аварии событию;

Q_j - расчетное избыточное давление при сгорании газо-, паро- или пылевоздушной смеси на расстоянии 30 м от наружной установки

Условную вероятность $Q_{aj}(a)$ поражения человека при реализации j -того сценария развития аварии, как правило, вычисляют по значениям пробит-функции P_r . Взаимосвязь величины P_r и условной вероятности поражения устанавливается таблицей Г.1, между реперными точками которой возможна линейная интерполяция.

Таблица Г.1 — Значения условной вероятности поражения человека в зависимости от величины пробит-функции P_r

Условная вероятность поражения, %	Величина пробит-функции Pr									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	–	2,6 7	2,9 5	3,1 2	3,2 5	3,3 6	3,4 5	3,5 2	3,5 9	3,6 6
10	3,7 2	3,7 7	3,8 2	3,8 7	3,9 2	3,9 6	4,0 1	4,0 5	4,0 8	4,1 2
20	4,1 6	4,1 9	4,2 3	4,2 6	4,2 9	4,3 3	4,3 6	4,3 9	4,4 2	4,4 5
30	4,4 8	4,5 0	4,5 3	4,5 6	4,5 9	4,6 1	4,6 4	4,6 7	4,6 9	4,7 2
40	4,7 5	4,7 7	4,8 0	4,8 2	4,8 5	4,8 7	4,9 0	4,9 2	4,9 5	4,9 7
50	5,0 0	5,0 3	5,0 5	5,0 8	5,1 0	5,1 3	5,1 5	5,1 8	5,2 0	5,2 3
60	5,2 5	5,2 8	5,3 1	5,3 3	5,3 6	5,3 9	5,4 1	5,4 4	5,4 7	5,5 0
70	5,5 2	5,5 5	5,5 8	5,6 1	5,6 4	5,6 7	5,7 1	5,7 4	5,7 7	5,8 1
80	5,8 4	5,8 8	5,9 2	5,9 5	5,9 9	6,0 4	6,0 8	6,1 3	6,1 8	6,2 3
90	6,2 8	6,3 4	6,4 1	6,4 8	6,5 5	6,6 4	6,7 5	6,8 8	7,0 5	7,3 3
–	0,0 0	0,1 0	0,2 0	0,3 0	0,4 0	0,5 0	0,6 0	0,7 0	0,8 0	0,9 0
99	7,3 3	7,3 7	7,4 1	7,4 6	7,5 1	7,5 8	7,6 5	7,7 5	7,8 8	8,0 9

Г.2 Условную вероятность поражения человека избыточным давлением при сгорании газо-, паро-, пылевоздушных смесей на расстоянии r от эпицентра определяют в следующей последовательности:

- вычисляют избыточное давление ΔP и импульс i по методам, приведенным в приложении В;

- исходя из значений ΔP и i , вычисляют величину пробит-функции Pr по формулам:

$$Pr = 5 - 0,26 \ln(V), \quad (\text{Г.1})$$

$$V = \left(\frac{17500}{\Delta P} \right)^{8,4} + \left(\frac{290}{i} \right)^{9,3}, \quad (\text{Г.2})$$

где ΔP — избыточное давление, Па;

i — импульс волны давления, Па · с.

С помощью таблицы Г.1 определяют условную вероятность поражения человека. Например, при значении $Pr = 2,95$ значение $Q_{dj}(a) = 2 \% = 0,02$, а при $Pr = 8,09$ значение $Q_{dj}(a) = 99,9 \% = 0,999$.

Условную вероятность поражения человека $Q_{dj}(a)$ от совместного независимого воздействия несколькими опасными факторами в результате реализации j -того сценария развития аварии определяют по соотношению:

$$Q_{dj}(a) = 1 - \prod_{k=1}^h (1 - Q_k Q_{djk}(a)), \quad (2)$$

где h — число рассматриваемых опасных факторов пожара;

Q_k — вероятность реализации k -того опасного фактора пожара;

$Q_{djk}(a)$ — условная вероятность поражения k -тым опасным фактором пожара.

2.2. Расчет избыточного давления и импульса волны давления при сгорании смесей горючих газов и паров с воздухом в открытом пространстве

В.3.1 Исходя из рассматриваемого сценария аварии, определяют массу m , кг, горючих газов и (или) паров, вышедших в атмосферу из технологического аппарата в соответствии с В.1.3—В.1.9.

В.3.2 Избыточное давления ΔP , кПа, развиваемое при сгорании газопаровоздушных смесей, рассчитывают по формуле

$$\Delta P = P_0 \left(\frac{0,8m_{np}^{0,33}}{r} + \frac{3m_{np}^{0,66}}{r^2} + \frac{5m_{np}}{r^3} \right), \quad (B.14)$$

где P_0 — атмосферное давление, кПа (допускается принимать равным 101 кПа);

r — расстояние от геометрического центра газопаровоздушного облака, м;

m_{np} — приведенная масса газа или пара, кг, рассчитанная по формуле

$$m_{np} = \frac{Q_{сг}}{Q_0} \cdot mZ, \quad (B.15)$$

Где - $Q_{сг}$ — удельная теплота сгорания газа или пара, Дж · кг⁻¹;

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

- Q_0 — константа, равная $4,52 \cdot 10^6$ Дж · кг⁻¹;

- m — масса горючих газов и (или) паров, поступивших в результате аварии в окружающее пространство, кг.

Импульс волны давления i , Па · с, рассчитывают по формуле

$$i = \frac{123m_{\text{гп}}^{0,66}}{r}. \quad (\text{В.16})$$

2.3. Расчет горизонтальных размеров зон, ограничивающих газо- и паровоздушные смеси с концентрацией горючего выше НКПР, при аварийном поступлении горючих газов и паров ненагретых легковоспламеняющихся жидкостей в открытое пространство

Горизонтальные размеры зоны $R_{\text{НКПР}}$, м, ограничивающие область концентраций, превышающих нижний концентрационный предел распространения пламени ($C_{\text{НКПР}}$) по ГОСТ 12.1.044, вычисляют по формулам:

- для горючих газов (ГГ):

$$R_{\text{НКПР}} = 14,5632 \cdot \left(\frac{m_{\text{г}}}{\rho_{\text{г}} C_{\text{НКПР}}} \right)^{0,333}, \quad (\text{В.12})$$

- для паров ненагретых легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ):

$$R_{\text{НКПР}} = 3,1501 \cdot \sqrt{K} \left(\frac{P_{\text{н}}}{C_{\text{НКПР}}} \right)^{0,813} \cdot \left(\frac{m_{\text{п}}}{\rho_{\text{п}} P_{\text{н}}} \right)^{0,333}, \quad (\text{В.13})$$

$$\rho_{\text{г,п}} = \frac{M}{V_0(1+0,00367t_{\text{р}})},$$

- где $m_{\text{г}}$ — масса поступивших в открытое пространство ГГ при аварийной ситуации, кг;

- $\rho_{\text{г}}$ — плотность ГГ при расчетной температуре и атмосферном давлении, кг · м⁻³;

- $C_{\text{НКПР}}$ — нижний концентрационный предел распространения пламени ГГ или паров ЛВЖ, % (объемных);

- K — коэффициент, принимаемый равным $K = T/3600$ для ЛВЖ;

- $m_{\text{п}}$ — масса паров ЛВЖ, поступивших в открытое пространство за время полного испарения, но не более 3600 с, кг;

- $\rho_{\text{п}}$ — плотность паров ЛВЖ при расчетной температуре и атмосферном давлении, кг · м⁻³;

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

- T — продолжительность поступления паров ЛВЖ в открытое

пространство, с;

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

- V_0 — мольный объем, равный $22,413 \text{ м}^3 \cdot \text{кмоль}^{-1}$;

- t_p — расчетная температура, $^{\circ}\text{C}$. В качестве расчетной температуры следует принимать максимально возможную температуру воздуха в соответствующей климатической зоне или максимальную возможную температуру воздуха по технологическому регламенту с учетом возможного повышения температуры в аварийной ситуации. Если такого значения расчетной температуры t_p по каким-либо причинам определить не удастся, допускается принимать ее равной 61°C .

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

Пример 2.1. (Наружная установка)

1. Задача - определить категорию наружной установки, в котором размещается резервуар с ЛВЖ.

Исходные данные:

- наименование ЛВЖ – изопропиловый спирт (ИПС);
- объем резервуара 15 м^3 при атмосферном давлении.
- обвалование высотой $0,5 \text{ м}$ радиусом 20 м .
- температура окружающей среды - 35°C .

Решение

2. Условия аварийной ситуации -

- полное разрушение корпуса резервуара, при котором происходит одномоментный разлив ЛВЖ на грунтовое основание в радиусе обвалования.

3. Для определения категории наружной установки выбираем формулы из раздела 2.1 (1, 2; г1-г2; в14-в16).

4. Справочные данные и расчеты составляющих величин в формулах по определению категории наружной установки:

– все параметры для ИПС приведены в примере 1.1.

Массу жидкости, испарившейся с поверхности разлива (m_p) определяем по формуле:

$$m = WF_{\text{н}}T,$$

Приведенную массу определяют по формуле:

$$m_{\text{пр}} = \frac{Q_{\text{сг}}}{Q_0} \cdot mZ, \quad (\text{B.15})$$

- где - $Q_{\text{сг}}$ — удельная теплота сгорания ПГФ ИПС, Дж · кг⁻¹;
 - Z - коэффициент участия горючих газов и паров в горении, который допускается принимать равным 0,1;
 - Q_0 — константа, равная $4,52 \cdot 10^6$ Дж · кг⁻¹;

Избыточное давления ΔP , кПа, развиваемое при сгорании ПГФ ИПС, рассчитывают по формуле

$$\Delta P = P_0 \left(\frac{0,8m_{\text{пр}}^{0,33}}{r} + \frac{3m_{\text{пр}}^{0,66}}{r^2} + \frac{5m_{\text{пр}}}{r^3} \right), \quad (\text{B.14})$$

Импульс волны давления i , Па · с, рассчитывают по формуле

$$i = \frac{123m_{\text{пр}}^{0,66}}{r}.$$

Оценку величины пожарного риска производим с использование следующих критериев:

- расчетное избыточное давление при сгорании ПГФ ИПС на расстоянии 30 м от наружной установки;
- импульс волны давления.

Частоту реализации в течение года приятого сценария развития аварии (год⁻¹) принимаемая по статистическим нормативным данным (Приложение 2).

5. Результаты расчетов составляющих величин в формулах по определению категории наружной установки:

Масса ПГФ = 3540,3 (кг)

Приведенная масса = 3527,8 (кг)

$P_{\text{изб.}} = 64.6$ (кПа)

Импульс волны давления i , = 32,6 (Па · с),

величину пробит-функции (Pr) = 7,23

Условная вероятность поражения человека, %, = 90,8

Пожарный риск, год-1, = 0,0000032

6. Определение категории наружной установки по пожарной опасности по таблице 2 СП 12.13130-2009 .

Расчетная величина пожарного риска превышает нормативное значение и соответственно категорию наружной установки определяем- «АН повышенная взрывопожароопасность».

3. Методика и примеры определения категории взрывоопасности технологических объектов (блоков, стадий)

Принятые сокращения

ПГФ - парогазовая фаза;

ЖФ - жидкая фаза;

АРБ - аварийная разгерметизация блока.

НКПР - нижний концентрационный предел распространения пламени горючей смеси.

Обозначение параметра-символа одним штрихом соответствует парогазовым состояниям среды, двумя штрихами - жидким средам, например G' и G'' - соответственно масса ПГФ и ЖФ.

Принятые обозначения

E - общий энергетический потенциал взрывоопасности (полная энергия сгорания ПГФ, поступившей в окружающую среду при АРБ, плюс энергия адиабатического расширения ПГФ, находящейся в блоке);

$E_{\text{п}}$ - полная энергия, выделяемая при сгорании не испарившейся при АРБ массы ЖФ;

E_i' - энергия сгорания при АРБ ПГФ, непосредственно имеющейся в блоке и поступающей в него от смежных аппаратов и трубопроводов;

E_i'' - энергия сгорания ПГФ, образующейся при АРБ из ЖФ, имеющейся в блоке и поступающей в него от смежных аппаратов и трубопроводов;

A, A_i - энергия сжатой ПГФ, содержащейся непосредственно в блоке и поступающей от смежных блоков, рассматриваемая как работа ее адиабатического расширения при АРБ;

V', V'' - соответственно геометрические объемы ПГФ и ЖФ в системе, блоке;

V_0' - объем ПГФ, приведенный к нормальным условиям ($T_0 = 293 \text{ К}$, $P_0 = 0,1 \text{ МПа}$);

P, P_0 - соответственно регламентированное абсолютное и атмосферное (0,1 МПа) давления в блоке;

v_i' - удельный объем ПГФ (в реальных условиях);

G_1', G_1'' - масса ПГФ и ЖФ, имеющих непосредственно в блоке и поступивших в него при АРБ от смежных объектов;

G_2'' - масса ЖФ, испарившейся за счет энергии перегрева и поступившей в окружающую среду при АРБ;

q', q'' - удельная теплота сгорания соответственно ПГФ и ЖФ;

q_p - суммарный тепловой эффект химической реакции;

T - абсолютная температура среды: ПГФ или ЖФ;

T_0, T_1 - абсолютная нормальная и регламентированная температуры ПГФ или ЖФ блока, К ($T_0 = 293$ К);

t, t_0 - регламентированная и нормальная температуры ПГФ и ЖФ блока ($t_0 = 20^\circ\text{C}$);

T_K', t_K'' - температура кипения горючей жидкости (К или $^\circ\text{C}$);

w_i', w_i'' - скорость истечения ПГФ и ЖФ в рассматриваемый блок из смежных блоков;

S_i - площадь сечения, через которое возможно истечение ПГФ или ЖФ при АРБ;

Π_p - скорость теплопритока к ГЖ за счет суммарного теплового эффекта экзотермической реакции;

Π_{T_i} - скорость теплопритока к ЖФ от внешних теплоносителей;

K - коэффициент теплопередачи от теплоносителя к горючей жидкости;

F - площадь поверхности теплообмена;

Δt - разность температур теплоносителей в процессе теплопередачи (через стенку);

r - удельная теплота парообразования горючей жидкости;

c'' - удельная теплоемкость жидкой фазы;

β_1, β_2 - безразмерные коэффициенты, учитывающие давление (P) и показатель адиабаты (k) ПГФ блока;

μ - безразмерный коэффициент, учитывающий гидродинамику потока;

ρ, ρ_i - плотность ПГФ или ЖФ при нормальных условиях ($P = 0,1$ МПа и $t_0 = 20^\circ\text{C}$) в среднем по блоку и по i -м потокам, поступающим в него при АРБ;

τ_i - время с момента АРБ до полного срабатывания отключающей аварийный блок арматуры;

τ_p - время с момента АРБ до полного прекращения экзотермических процессов;

τ_{T_i} - время с момента АРБ до полного прекращения подачи теплоносителя к

аварийному блоку (прекращение теплообменного процесса);

Θ_k - разность температур ЖФ при регламентированном режиме и ее кипении при атмосферном давлении;

G_4'' - масса ЖФ, испарившейся за счет теплопритока от твердой поверхности (пола, поддона, обвалования и т.п.);

G_5'' - масса ЖФ, испарившейся за счет теплопередачи от окружающего воздуха к пролитой жидкости (по зеркалу испарения);

G_{Σ}'' - суммарная масса ЖФ, испарившейся за счет теплопритока из окружающей среды;

$F_{ж}$ - площадь поверхности зеркала жидкости;

F_n - площадь контакта жидкости с твердой поверхностью разлива (площадь теплообмена между пролитой жидкостью и твердой поверхностью);

ε - коэффициент тепловой активности поверхности (поддона);

λ - коэффициент теплопроводности материала твердой поверхности (пола, поддона, земли и т.п.);

c_T - удельная теплоемкость материала твердой поверхности;

ρ_T - плотность материала твердой поверхности;

m_n - интенсивность испарения;

M - молекулярная масса;

R - газовая постоянная ПГФ;

η - безразмерный коэффициент;

P_n - давление насыщенного пара при расчетной температуре;

τ_n - время контакта жидкости с поверхностью пролива, принимаемое в расчет.

3.1. Определение значений энергетических показателей взрывоопасности технологического блока

1. Энергетический потенциал взрывоопасности E (кДж) блока определяется полной энергией сгорания парогазовой фазы, находящейся в блоке, с учетом величины работы ее адиабатического расширения, а также величины энергии полного сгорания испарившейся жидкости с максимально возможной площади ее пролива, при этом считается:

1) при аварийной разгерметизации аппарата происходит его полное раскрытие (разрушение);

2) площадь пролива жидкости определяется исходя из конструктивных решений зданий или площадки наружной установки;

3) время испарения (время контакта жидкости с поверхностью пролива, принимаемое в расчет) принимается не более 1 ч.

$$E = E_1' + E_2' + E_1'' + E_2'' + E_3'' + E_4'' , \quad (1)$$

Где E_1' - сумма энергий адиабатического расширения А (кДж) и сгорания ПГФ, находящейся в блоке, кДж:

$$E_1' = G_1' q' + A;$$

E_2' - энергия сгорания ПГФ, поступившей к разгерметизированному участку от смежных объектов (блоков), кДж:

$$E_2' = \sum_{i=1}^n G_i' q_i' \quad (5)$$

E_1'' - энергия сгорания ПГФ, образующейся за счет энергии перегретой ЖФ рассматриваемого блока и поступившей от смежных объектов за время τ_i , кДж:

$$E_1'' = G_1'' \left[1 - \exp -c_1'' \theta_k / r \right] q' + \sum_{i=1}^n G_i'' \left[1 - \exp -c_1'' \theta_{ki} / r_i \right] q_i'' \quad (7)$$

E_2'' - энергия сгорания ПГФ, образующейся из ЖФ за счет тепла экзотермических реакций, не прекращающихся при разгерметизации, кДж:

$$E_2'' = \frac{q'}{r} \sum_{i=1}^n \Pi_{P_i} \tau_{P_i} , \quad (9)$$

E_3'' - энергия сгорания ПГФ, образующейся из ЖФ за счет теплопритока от внешних теплоносителей, кДж:

$$E_3'' = \frac{q'}{r} \sum_{i=1}^n \Pi_{T_i} \tau_{T_i} . \quad (10)$$

E_4'' - энергия сгорания ПГФ, образующейся из пролитой на твердую поверхность (пол, поддон, грунт и т.п.) ЖФ за счет тепло- и массообмена с окружающей средой (с подстилающей поверхностью и воздухом), кДж:

$$E_4'' = G_{\Sigma}'' q' , \quad (11)$$

Где $G_{\Sigma}'' = G_4'' + G_5'' \quad (12)$

$$G_4'' = 2 \frac{T_0 - T_k}{r} \frac{\varepsilon}{\sqrt{\pi}} F_{\text{п}} \sqrt{\tau_{\text{п}}} \quad (13).$$

Масса ПГФ за счет теплообмена с поверхностью разлила:

здесь T_0 - температура подстилающей поверхности (пола, поддона, грунта и т.п.), К;

$$\varepsilon = \sqrt{\lambda \rho c}$$

$G_5'' = m_{\text{п}} F_{\text{ж}} \tau_{\text{п}}$, масса ПГФ за счет испарения с поверхности разлива;

$$m_{\text{п}} = 10^{-6} \eta P_{\text{п}} \sqrt{M}, \quad (14)$$

Где $P_{\text{п}}$ - давление насыщенного пара при расчетной температуре T_p , в качестве которой принимается максимальная из двух температур - температуры воздуха и температуры жидкости в проливе, кПа.

Значение безразмерного коэффициента η , учитывающего влияние скорости и температуры воздушного потока над поверхностью (зеркало испарения) жидкости, принимается по [таблице N 1](#).

Таблица N 1

Значения коэффициента η

Скорость воздушного потока над зеркалом испарения, м/с	Значения коэффициента η при температуре воздуха над зеркалом испарения t_{oc} , °С				
	о.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

Примечание: для скоростей ветра более 1 м/с величина η берется равной при 1 м/с, при температуре воздуха t_{oc} над зеркалом испарения более 35 °С величина η берется равной при $t_{\text{oc}} = 35$ °С, при температуре воздуха t_{oc} над зеркалом

испарения менее 10 °С величина η берется равной при $t_{oc} = 10$ °С.

Время испарения (время контакта жидкости с поверхностью пролива, принимаемое в расчет) $\tau_{и}$ рассчитывается по формуле:

$$\tau_{и} = \max \left(\frac{L_{0,5\text{НКПР}}}{U_{\text{ветра}}} \cdot \left(\frac{3 \cdot T_0 - T_K}{r \cdot \sqrt{\pi}} \cdot \varepsilon \cdot \frac{F_n}{F_{\text{жс}} \cdot \sqrt{\tau}} \cdot \frac{1}{m_{и}} \right)^2 \right), \quad (15)$$

где

$L_{0,5\text{НКПР}}$ - расстояние, на котором ПГФ, дрейфующая от пролива площадью $F_{\text{ж}}$ и скоростью эмиссии $m_{и}$ (рассчитанной по (14)), рассеивается до концентрации 0,5 НКПР, отсчитывается от наветренной стороны), м;

$U_{\text{ветра}}$ - скорость воздушного потока над зеркалом испарения, м/с.

Ориентировочно значение G_{Σ}'' может определяться по [таблице N 2](#).

Таблица N 2

Зависимость массы ПГФ пролитой жидкости от температуры ее кипения при $\tau_{и} = 180$ с

Значение температуры кипения жидкой фазы $t_{\text{к}}$, °С	Масса парогазовой фазы G_{Σ}'' , кг (при $F_{\text{п}} = 50$ м ²)
Выше 60	< 10
От 60 до 40	10 - 40
От 40 до 25	40 - 85
От 25 до 10	85 - 135
От 10 до -5	135 - 185
От -5 до -20	185 - 235
От -20 до -35	235 - 285
От -35 до -55	285 - 350
От -55 до -80	350 - 425
Ниже -80	> 425

Для конкретных условий, когда площадь твердой поверхности пролива жидкости окажется больше или меньше 50 м² ($F_{\text{п}} \neq 50$), производится пересчет массы испарившейся жидкости по формуле

$$G_{\Sigma}'' = G_{\Sigma} \cdot \frac{F_{II}}{50} \cdot \frac{\tau_u}{180}. \quad (16)$$

По значениям общих энергетических потенциалов взрывоопасности E определяются величины приведенной массы и относительного энергетического потенциала, характеризующих взрывоопасность технологических блоков.

Общая масса горючих паров (газов) взрывоопасного парогазового облака m , приведенная к единой удельной энергии сгорания, равной 46 000 кДж/кг:

$$m = \frac{E}{4,6 \cdot 10^4}. \quad (17)$$

Относительный энергетический потенциал взрывоопасности Q_b технологического блока находится расчетным методом по формуле

$$Q_b = \frac{1}{16,534} \sqrt[3]{E}. \quad (18)$$

По значениям относительных энергетических потенциалов Q_b и приведенной массе парогазовой среды m устанавливаются категории взрывоопасности технологических блоков.

Показатели категорий приведены в [таблице N 3](#).

Таблица N 3

Показатели категорий взрывоопасности технологических блоков

Категория взрывоопасности	Q_b	m , кг
I	> 37	> 5000
II	27 - 37	2000 - 5000
III	< 27	< 2000

Пример 3.1. (Технологическая установка (блок))

1. Задача - определить:

- категорию блока технологической установки, в котором происходит разгерметизация резервуара с ЛВЖ;

Исходные данные:

- наименование ЛВЖ – изопропиловый спирт (ИПС);
- объем резервуара 15 м^3 при атмосферном давлении.
- обвалование высотой 0.5 м радиусом 20 м.
- температура окружающей среды - 35°C .

2. Условия аварийной ситуации -

- полное разрушение корпуса резервуара, при котором происходит одномоментный разлив ЛВЖ на грунтовое основание в радиусе обвалования;
- площадь пролива жидкости определяется исходя из конструктивных решений площадки наружной установки (обвалования);
- время испарения (время контакта жидкости с поверхностью пролива) принимается не более 1 ч.

3. Для определения категории технологического блока выбираем формулы из раздела 3.1 (1, 11, 12, 14, 16-18) из раздела 3.2 (3.2.1- 3.2.8).

4. Справочные данные и расчеты составляющих величин в формулах по определению категории наружной установки:

– все параметры для ИПС приведены в примерах - 1.1; 2.1.

Масса ПГФ ИПС составляет - 7330 (кг).

- общий энергетический потенциал взрывоопасности (E) равен – 127.5×10^6 , кДж.

Относительный энергетический потенциал взрывоопасности (Q_v) равен – 30.

6. Определение категории технологического блока по взрывоопасности:

Определение категории технологического блока производим в соответствии с таблицей 3 (раздела 3) по значению относительного энергетического потенциала взрывоопасности, которое находится в пределах (27-37) и соответственно категория взрывоопасности технологического блока определяется как – II (вторая).

Литература

1. СНиП П-М.2-72. Производственные здания промышленных предприятий. Нормы проектирования.
2. СН 468-74. Указания по определению категорий производств по взрывопожарной и пожарной опасности.
3. ПБВХП-74. Правила безопасности во взрывоопасных и взрывопожароопасных химических и нефтехимических производствах.
4. ОНТП-86. Общесоюзные нормы технологического проектирования. Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности.
5. ОПВХП-88. Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств». Утверждены приказом Госгортехнадзора от 06.09.1988.
6. НПБ 105-95. Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности.
7. НПБ 107-97. Определение категорий наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.
8. ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЗАКОН от 22.07.2008 N 123-ФЗ.
Технический регламент о требованиях пожарной безопасности
9. СП 12.13130.2009 с изменениями №1 от 09.12.2010. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.
10. ФНиП «Общие правила взрывобезопасности для взрывоопасных и взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств». Утверждены приказом РосТехнадзора от 11.03.2014 №116.

11. СП 131.13330.2012. Строительная климатология (актуализированная версия СНиП 23-01-99*).
12. Храмов Г.Н. Горение и взрыв. СПбГТТУ, 2004, 278 с.
13. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Справ. Изд.: в 2 книгах /А.Н. Баратов, А.И. Корольченко, Г.Н. Кравчук и др. – М., Химия, 1990.
14. Тищенко Н.Ф. Охрана атмосферного воздуха. Расчет содержания вредных веществ и их распределение в воздухе. Справ. Изд. – М., химия, 1991. – 368с.
15. Приказ МЧС России от 10.07.2009 № 404 «Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах»
16. ГОСТ 10798-85*. Плиты газовые бытовые. Общие технические условия
17. ГОСТ 15860-85*. Баллоны стальные сварные для сжиженных углеводородных газов на давление до 1,6 мпа. Технические условия.

Приложение 1

Расчетное определение коэффициента Z участия в горении горючих газов и паров ненагретых легковоспламеняющихся жидкостей

Д.1 Приведенные в приложении Д расчетные формулы применяются для случая $100m/(\rho_{г,п}V_{св}) < 0,5C_{НКПР}$ [$C_{НКПР}$ — нижний концентрационный предел распространения пламени газа или пара, % (объемных)] и помещений в форме прямоугольного параллелепипеда с отношением длины к ширине не более пяти.

Д.2 Коэффициент Z участия горючих газов и паров ненагретых выше температуры окружающей среды легковоспламеняющихся жидкостей при заданном уровне значимости $Q(C > \bar{C})$ рассчитывают по формулам:

- при $X_{НКПР} \leq \frac{1}{2}L$ и $Y_{НКПР} \leq \frac{1}{2}S$

$$Z = \frac{5 \cdot 10^{-3} \pi}{m} \rho_{г,п} \left(C_0 + \frac{C_{НКПР}}{\delta} \right) X_{НКПР} Y_{НКПР} Z_{НКПР}, \quad (Д.1)$$

- при $X_{НКПР} > \frac{1}{2}L$ и $Y_{НКПР} > \frac{1}{2}S$

$$Z = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{m} \rho_{г,п} \left(C_0 + \frac{C_{НКПР}}{\delta} \right) F Z_{НКПР}, \quad (Д.2)$$

где C_0 — предэкспоненциальный множитель, % (объемных), равный:

- при отсутствии подвижности воздушной среды для горючих газов

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

- при подвижности воздушной среды для горючих газов

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

- при отсутствии подвижности воздушной среды для паров легковоспламеняющихся жидкостей

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

- при подвижности воздушной среды для паров легковоспламеняющихся жидкостей

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

где m — масса газа или паров ЛВЖ, поступающих в объем

помещения, кг;

δ — допустимые отклонения концентрации при задаваемом уровне значимости $Q(C > \bar{C})$, приведенные в таблице Д.1;

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

L , S — длина и ширина помещения соответственно, м;

F — площадь пола помещения, м^2 ;

U — подвижность воздушной среды, $\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$;

C_n — концентрация насыщенных паров при расчетной температуре t_p , $^{\circ}\text{C}$, воздуха в помещении, % (объемных).

Таблица Д.1 — Допустимые отклонения концентрации δ при заданном уровне значимости $Q(C > \bar{C})$

Характер распределения концентраций	$Q(C > \bar{C})$	δ
Для горючих газов при отсутствии подвижности воздушной среды	0,1	1,29
	0,05	1,38
	0,01	1,53
	0,003	1,63
	0,001	1,70
	0,0003	2,04
	0,0001	
Для горючих газов при подвижности воздушной среды	0,1	1,29
	0,05	1,37
	0,01	1,52
	0,003	1,62
	0,001	1,70
	0,0003	2,03
	0,0001	
Для паров легковоспламеняющихся жидкостей при отсутствии подвижности воздушной среды	0,1	1,19
	0,05	1,25
	0,01	1,35
	0,003	1,41

Характер распределения концентраций	$Q(C > \bar{c})$	δ
	0,001	1,46
	1	1,68
Для паров легко воспламеняющихся жидкостей при подвижности воздушной среды	0,0001	1,21
	0,1	1,27
	0,05	1,38
	0,01	1,45
	0,001	1,51
	3	1,75
	1	1,75

Д.3 Концентрация C_n может быть найдена по формуле

$$C_n = 100 \frac{P_n}{P_0}, \quad (\text{Д.7})$$

где P_n — давление насыщенных паров при расчетной температуре (находят из справочной литературы), кПа;

P_0 — атмосферное давление, равное 101 кПа.

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

Д.4 Коэффициент Z участия паров ненагретых легко воспламеняющихся жидкостей при сгорании паровоздушной смеси может быть определен по графику, приведенному на рисунке Д.1.

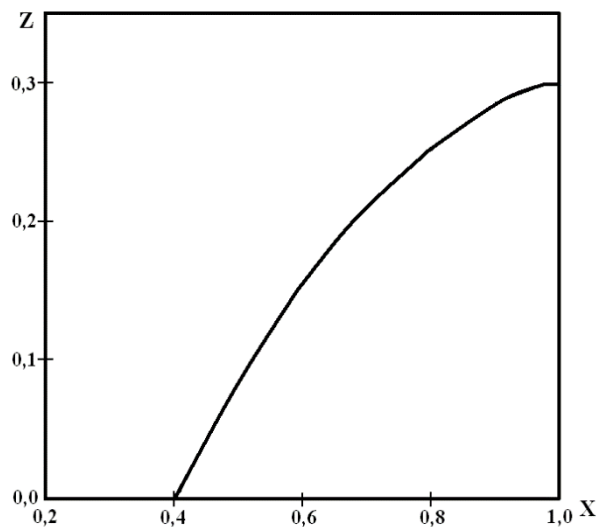


Рисунок Д.1 — Зависимость Z от X
Значения X рассчитывают по формуле

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

где C^* — величина, задаваемая соотношением

$$C^* = \varphi C_{ст}, \quad (\text{Д.9})$$

где φ — эффективный коэффициент избытка горючего, принимаемый равным 1,9.

Расстояния $X_{НКПР}$, $Y_{НКПР}$ и $Z_{НКПР}$ рассчитывают по формулам:

$$X_{НКПР} = K_1 L \left(K_2 \cdot \ln \frac{\delta C_0}{C_{НКПР}} \right)^{0,5}, \quad (\text{Д.10})$$

$$Y_{НКПР} = K_1 S \left(K_2 \cdot \ln \frac{\delta C_0}{C_{НКПР}} \right)^{0,5}, \quad (\text{Д.11})$$

$$Z_{НКПР} = K_3 H \left(K_2 \cdot \ln \frac{\delta C_0}{C_{НКПР}} \right)^{0,5}, \quad (\text{Д.12})$$

Где K_1 — коэффициент, принимаемый равным 1,1314 для горючих газов и 1,1958 — для легковоспламеняющихся жидкостей;

- K_2 — коэффициент, принимаемый равным 1 для горючих газов и $K_2 = T/3600$ — для легковоспламеняющихся жидкостей;

- K_3 — коэффициент, принимаемый равным 0,0253 для горючих газов при отсутствии подвижности воздушной среды; 0,02828 — для горючих газов при подвижности воздушной среды; 0,04714 — для легковоспламеняющихся жидкостей при отсутствии подвижности воздушной среды и 0,3536 — для легковоспламеняющихся жидкостей при подвижности воздушной среды;

- H — высота помещения, м.

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

Приложение к приказу МЧС России от 10.07.2009 № 404

МЕТОДИКА
определения расчетных величин пожарного риска на
производственных объектах

Приложение № 1
к пункту 15 Методики

1. Сведения по частотам реализации инициирующих пожароопасные ситуации событий для некоторых типов оборудования объектов, частотам утечек из технологических трубопроводов, а также частотам возникновения пожаров в зданиях

Таблица П1.1

Частоты реализации инициирующих пожароопасные ситуации событий для некоторых типов оборудования объектов

Наименование оборудования	Инициирующее аварийю событие	Диаметр отверстия истечения, мм	Частота разгерметизации, год ⁻¹
Резервуары, емкости, сосуды и аппараты под давлением	Разгерметизация с последующим истечением жидкости, газа или двухфазной среды	5	$4,0 \cdot 10^{-5}$
		12,5	$1,0 \cdot 10^{-5}$
		25	$6,2 \cdot 10^{-6}$
		50	$3,8 \cdot 10^{-6}$
		100	$1,7 \cdot 10^{-6}$
		Полное разрушение	$3,0 \cdot 10^{-7}$
Насосы (центробежные)	Разгерметизация с последующим истечением жидкости или двухфазной среды	5	$4,3 \cdot 10^{-3}$
		12,5	$6,1 \cdot 10^{-4}$
		25	$5,1 \cdot 10^{-4}$
		50	$2,0 \cdot 10^{-4}$
		Диаметр подводящего / отводящего трубопровода	$1,0 \cdot 10^{-4}$
Компрессоры (центробежные)	Разгерметизация с последующим истечением газа	5	$1,1 \cdot 10^{-2}$
		12,5	$1,3 \cdot 10^{-3}$
		25	$3,9 \cdot 10^{-4}$
		50	$1,3 \cdot 10^{-4}$
		Полное разрушение	$1,0 \cdot 10^{-4}$

Наименование оборудования	Иницирующее аварийное событие	Диаметр отверстия истечения, мм	Частота разгерметизации, год ⁻¹
Резервуары для хранения ЛВЖ и горючих жидкостей (далее – ГЖ) при давлении, близком к атмосферному	Разгерметизация с последующим истечением жидкости в обвалование	25	$8,8 \cdot 10^{-5}$
		100	$1,2 \cdot 10^{-5}$
		Полное разрушение	$5,0 \cdot 10^{-6}$