

1. Определение категории помещения.
- 1.1. Расчет избыточного давления взрыва паровоздушных смесей.
2. Определение класса взрывоопасной (пожароопасной) зоны.
3. Разработка технических мероприятий по понижению категории помещения и класса зоны.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1. Определение категории помещения

По взрывопожарной и пожарной опасности помещения и здания подразделяются на категории А и Б - взрывопожароопасные, В1-В4 - пожароопасные, Г и Д названия не имеют, предполагается, что они безопасны по взрыву и пожару. Категории помещений определяются в соответствии с НПБ 105-95 (нормы пожарной безопасности) по таблице 1. Определение категории следует осуществлять путем последовательной проверки принадлежности помещения к категориям от высшей А к низшей Д.

Таблица 1

Категория помещений	Характеристика веществ и материалов, находящихся (обращающихся) в помещении
1	2
А взрывопожароопасная	Горючие газы, ЛВЖ 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.

1	2
	Вещества и материалы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или один с другим в таком количестве, что расчетное избыточное давление взрыва в помещении превышает 5 кПа.
Б взрыво- пожаро- опасная	Горючие пыли или волокна, ЛВЖ с температурой более 28°C, горючие жидкости, в таком количестве, что могут образовывать взрывопожаровзрывоопасные пылевоздушные или паровоздушные смеси, при избыточном давлении взрыва в помещении, превышающем 5 кПа.
В1-В4 пожаро- опасные	Горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы. Вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или один с другим только гореть при условии, что помещения, в которых они имеются в наличии или обращаются, не относятся к категориям А и Б.
Г	Негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени; горючие газы, жидкости и твердые вещества, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива.
Д	Негорючие вещества и материалы в холодном состоянии

Разделение помещений на категории В1-В4 производится по расчетной удельной пожарной нагрузке $g \frac{\text{МДж}}{\text{м}^2}$ (табл. 2).

Таблица 2

Категория	Удельная пожарная нагрузка, $\frac{МДж}{м^2}$
B1	более 2200
B2	1401 - 2200
B3	181 - 1400
B4	1 - 180

Основными критериями отнесения того или иного помещения, содержащего ГЖ и ЛВЖ, к взрывопожароопасным являются: 1) температура вспышки жидкости; 2) избыточное давление взрыва (ΔP).

1) Температура вспышки - это самая низкая температура горючей жидкости, при которой в условиях специальных испытаний над ее поверхностью образуются пары, способные вспыхивать от источника зажигания, но скорость их образования еще недостаточна для возникновения устойчивого горения.

2) Избыточное давление взрыва (ΔP) - давление, создающееся внутри замкнутого помещения при взрыве взрывопожароопасных смесей. Предполагается, что при $\Delta P > 5$ кПа взрыв приводит к механическому разрушению строительных конструкций.

2.2. Расчет избыточного давления взрыва при аварии

Масса поступивших в помещение паров ЛВЖ или ГЖ (m_n , кг) определяется исходя из следующих предпосылок:

- а) произошла расчетная (наиболее неблагоприятная) авария, т.е. разрушилась емкость, содержащая ЛВЖ;
- б) все содержимое емкости поступило в помещение;
- в) произошло испарение с поверхности разлившейся жидкости: площадь испарения ($F_{\text{и}}$ при разливе на пол) определялась из расчета, что 1 л ЛВЖ разливается - на 1 м² пола помещения;
- г) аварийная вентиляция отсутствует или не работает;
- д) длительность испарения жидкости (T , с) принимается равной времени ее полного испарения, но не более 3600 с.

Масса жидкости (ЛВЖ или ГЖ), разливающейся в помещении ($m_{\text{ж}}$, кг) определяется по формуле

$$m_{жс} = V_{жс} \cdot \rho_{жс} \quad (1)$$

где $V_{жс}$ - объем разлитой жидкости, м^3 ;
 $\rho_{жс}$ - плотность жидкости при 20°C , $\text{кг}/\text{м}^3$.

Длительность испарения жидкости определяется по формуле

$$T = \frac{m_{жс}}{W \cdot F_u} \quad (2)$$

где W - интенсивность испарения, $\text{кг}/\text{с} \cdot \text{м}^2$ - определяется по справочным данным или рассчитывается по формуле

$$W = 10^{-6} \cdot \eta \cdot \sqrt{M} \cdot P_H \quad (3)$$

где η - коэффициент, зависящий от скорости и температуры воздушного потока над поверхностью испарения (при скорости воздушного потока $0,2 \text{ м}/\text{с}$ и температуре воздуха 20°C ; $\eta = 3,5$);

M - молярная масса, $\text{кг}/\text{кмоль}$;

P_H - давление насыщенного пара (при 20°C), кПа .

При времени полного испарения жидкости, не превышающем или равном 3600 с , вся разлившаяся жидкость испаряется, поэтому масса паров равняется массе жидкости $m_n = m_{жс}$.

Если время полного испарения жидкости превышает 3600 с , то длительность испарения принимается равной 3600 с , т.е. только часть разлитой жидкости за это время перейдет в пар. В таком случае масса паров рассчитывается по формуле

$$m_n = W \cdot F_u \cdot T = W \cdot F_u \cdot 3600 \quad (4)$$

Расчетное избыточное давление взрыва (ΔP) для индивидуальных горючих веществ определяется по формуле:

$$\Delta P = (P_{\max} - P_o) \frac{m_n \cdot z}{V_{св} \cdot \rho_n} \cdot \frac{100}{C_{ст.}} \cdot \frac{1}{K_H} \quad (5)$$

где P_{\max} - максимальное давление взрыва газо- или паровоздушной смеси, определяемое по справочным данным (см. табл. 3), при отсутствии данных принимается равным 900 кПа ;

P_o - начальное давление взрыва, 101 кПа ;

z - коэффициент участия горючего во взрыве, равный $0,3$;

$V_{св}$ - свободный объем помещения, м^3 ($V_{св.} = 0,8 V_{\text{ном.}}$, где $V_{\text{ном.}}$ - геометрический объем помещения, м^3);

ρ_n - плотность пара, $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$, вычисляется по формуле

$$\rho_n = \frac{M}{V_o (1 + 0,00367 \cdot t_p)} \quad (6)$$

где V_o - мольный объем, равный $22,4 \text{ м}^3/\text{кмоль}$;

t_p - расчетная температура воздуха, °С (согласно ГОСТ 12.1.005-88 не должна превышать 28°С);

$C_{ст.}$ - стехиометрическая концентрация паров или газов ЛВЖ и ГЖ, % об., вычисляемая по формуле

$$C_{ст.} = \frac{100}{1 + 4,84\beta}, \quad (7)$$

$$\beta = n_c + \frac{n_H - n_X}{4} - \frac{n_O}{2},$$

где β - стехиометрический коэффициент кислорода в реакции горения;

n_C, n_H, n_O, n_X - число атомов С, Н, О и галогенов (Cl, Br, I, F) в молекуле горючего;

K_H - коэффициент, учитывающий негерметичность помещения - принимается равным 3.

Расчет ΔP для смесей веществ (например, для нефтепродуктов) может быть выполнен по формуле

$$\Delta P = \frac{m_n \cdot H_T \cdot P_0 \cdot z}{V_{св.} \cdot \rho_B \cdot C_p \cdot T_0} \cdot \frac{1}{K_H}, \quad (8)$$

где H_T - теплота сгорания, Дж/кг;

ρ_B - плотность воздуха до взрыва, равная 1,2 кг/м³ при 20°С;

C_p - теплоемкость воздуха, равная 1,01·10³ Дж/(кг·К);

T_0 - начальная температура воздуха ($T_0 = t_p + 273$), К.

Если найденное расчетное избыточное давление взрыва (ΔP) превышает 5 кПа, то помещение (в зависимости от температуры вспышки) определяется как взрывопожароопасное категории А или В.

Если $\Delta P \leq 5$ кПа, то помещение, как правило, относят к категории В1-В4. Для более точного определения категории пожароопасного помещения находится удельная пожарная нагрузка ($g, \frac{\text{МДж}}{\text{м}^2}$), по формуле:

$$g = \frac{Q}{S}, \quad (9)$$

где S - площадь размещения пожарной нагрузки, м² (но не менее 10 м²);

Q - пожарная нагрузка, МДж.

$$Q = \sum_{i=1}^n G_i \cdot Q_{н.и} \quad (10)$$

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

$Q_{нi}$ - низшая теплота сгорания i -го материала пожарной нагрузки, МДж/кг.

Сравнивая полученное максимальное значение удельной пожарной нагрузки, со значением, приведенным в табл. 2, назначаем категорию помещения по пожароопасности.

2.3. Определение класса зоны

В реальных условиях возможен взрыв паров ЛВЖ или ГЖ при нормальном режиме работы оборудования или на небольшом участке помещения. Это учитывается при классификации зон по пожаровзрывоопасности по ПУЭ. В качестве критерия для отнесения помещения (зоны) к взрывоопасным принят относительный объем образующейся взрывоопасной смеси паров ЛВЖ с воздухом.

К взрывоопасной зоне относится помещение или ограниченное пространство в помещении или наружной установке, в котором имеются или могут образоваться взрывоопасные смеси паров ЛВЖ с воздухом.

Согласно ПУЭ, предусмотрены следующие классы взрывоопасных зон:

зоны класса В-I - зоны, расположенные в помещениях, в которых выделяются пары ЛВЖ в таком количестве и с такими свойствами, что они могут образовывать с воздухом взрывоопасные смеси при нормальных режимах работы.

зоны класса В-Ia - зоны, расположенные в помещениях, в которых при нормальной эксплуатации взрывоопасные смеси паров ЛВЖ с воздухом не образуются, а возможны только в результате аварий или неисправностей.

зоны класса В-Iб - зоны, расположенные в помещениях с признаками, аналогичными признакам зон класса В-Ia, но отличающиеся одной из следующих особенностей:

в) к классу В-Iб относятся также зоны лабораторных и других помещений, в которых ЛВЖ имеются в небольших количествах, недостаточных для создания взрывоопасной смеси в объеме, превышающем 5% свободного объема помещения, и в которых работы с ЛВЖ проводятся

без применения открытого пламени. Эти зоны не относятся к взрывоопасным, если работа с ЛВЖ проводится в вытяжных шкафах или под вытяжными зонтами.

зоны класса В-Iг - пространства у наружных установок, содержащих ЛВЖ.

зоны класса В-II - зоны, расположенные в помещениях, в которых выделяются переходящие во взвешенное состояние горючие пыли или волокна в таком количестве и с такими свойствами, что они способны образовывать с воздухом взрывоопасные смеси при нормальных режимах работы.

зоны класса В-IIа - аналогично В-II, но горючие пыли или волокна образуются только в результате аварий или неисправностей.

Для определения класса взрывоопасной зоны объем образовавшейся взрывоопасной смеси ($V_{см}$, м³) находится по формуле

$$V_{см} = \frac{m_n}{НКПР}, \quad (11)$$

где НКПР - нижний концентрационный предел распространения пламени (воспламенения), г/м³.

Объемная доля горючей смеси в помещении ($C_{см}$, %) определяется по формуле

$$C_{см} = \frac{V_{см} \cdot 100}{V_{св}}. \quad (12)$$

Если объем взрывоопасной смеси составляет более 5% свободного объема помещения, то все помещение является взрывоопасным.

Если объем взрывоопасной смеси $\leq 5\%$ свободного объема помещения, то взрывоопасной считается зона в помещении в пределах до 5 м по горизонтали и вертикали от технологического аппарата, у которого возможно выделение горючих газов или паров ЛВЖ. Помещения за пределами взрывоопасной зоны считаются невзрывоопасными, если нет других факторов, создающих в нем взрывоопасность.

К пожароопасной зоне относятся пространства внутри и вне помещений, в пределах которых постоянно или периодически обращаются горючие вещества при нормальном технологическом процессе или при его нарушениях.

Существуют следующие классы пожароопасных зон:

зоны класса П-I - зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются горючие жидкости с температурой вспышки выше 61°C ;

зоны класса П-II - зоны, расположенные в помещениях, в которых выделяются горючие пыли или волокна, с нижним концентрационным пределом воспламенения более 65 г/м^3 ;

зоны класса П-IIa - зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются твердые горючие вещества;

зоны класса П-III - расположенные вне помещений зоны, в которых обращаются горючие жидкости с температурой вспышки выше 61°C или твердые горючие вещества.

2.4. Разработка технических мероприятий по понижению категории помещения и класса зоны

При ΔP , превышающем 5 кПа, необходимо провести технические мероприятия, чтобы понизить категорию помещения, путем уменьшения расчетного избыточного давления взрыва.

Расчетное избыточное давление взрыва можно изменить следующими способами:

1. Уменьшением количества ЛВЖ и ГЖ, находящихся в помещении. Количество ЛВЖ и ГЖ, хранящихся в помещении, не должно превышать суточной потребности.

2. Устройством аварийной вентиляции, обеспеченной резервными вентиляторами; автоматической системой пуска при достижении взрывоопасных концентраций паров ЛВЖ; устройствами для удаления воздуха из помещения, расположенными в непосредственной близости от места возможной аварии. В этом случае массу паров (m_n) следует разделить на коэффициент (K), определяемый по формуле

$$K = \frac{A \cdot T}{3600} + 1, \quad (13)$$

где A - кратность воздухообмена, создаваемого аварийной вентиляцией (час^{-1}). Определяется из отраслевых нормативов по охране труда, а при их отсутствии составляет не менее 8 час^{-1} .

После проведения технических мероприятий производится перерасчет ΔP . Если предусмотренные мероприятия позволили уменьшить избыточное давление до величины 5 кПа и менее, то помещение относят к категории В1-В4, а затем уточняют категорию помещения по пожароопасности и класс зоны по пожаровзрывоопасности.

3. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

1. Получить у преподавателя исходные данные: размеры помещения, вид ЛВЖ и ее объем. Из табл. 3 выписать свойства веществ.
2. Определить предварительно категорию помещения и класс зоны.
3. Произвести расчет избыточного давления взрыва и окончательно определить категорию помещения.
4. Если категория помещения получилась пожароопасная уточнить категорию, выполнить расчет удельной пожарной нагрузки.
5. Если категория помещения А или В - провести технические мероприятия по понижению категории помещения. Конкретный вид технического мероприятия (уменьшение массы ЛВЖ в помещении, применение аварийной вентиляции) выбирается по заданию преподавателя.
6. Полученные данные представить в виде таблицы, приведенной в образце отчета.
7. Выводы по результатам расчетов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. НПБ 105-95. Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности. -М., 1995.
2. ПУЭ. Правила устройства электроустановок. -М., 1986.

Таблица 3

Свойства веществ при температура воздуха 20°C

№ п/п	Вещество	Химическая формула	Молекулярная масса M , кг/моль	Плотность жидкости, $\rho_{ж}$, кг/м ³	Давление насыщенного пара P_n , кПа	Максимальное давление взрыва, P_{max} , кПа	Температура вспышки $t_{всп}$, °C	Интенсивность парения, W_1 , кг/с·м ²	НКПР г/м ³	Теплота сгорания $H_p(Q_{н.г})$ МДж/кг
1	Ацетон	C_3H_6O	58,1	791	24,2	572	-18	0,000650	39	28,89
2	Бензин	$C_{7,0}H_{13,7}$	98,2	751	23,6	-	-35	0,000550	43	41,87
3	Бензол	C_6H_6	78,1	874	11,6	882	-12	0,000287	42	38,52
4	1,2-дихлорэтан	$C_2H_4Cl_2$	99,0	1253	8,7	647	9	-	188	10,87
5	Диэтиловый эфир	$C_4H_{10}O$	74,1	714	59,4	720	-41	-	38,6	33,5
6	Гексан	C_6H_{14}	86,2	655	16,0	848	-23	0,000562	39	45,09
7	Керосин	$C_{11,1}H_{21,8}$	154,7	819	0,5	-	40	-	42	43,54
8	Ксилит (смесь изомеров)	C_8H_{10}	106,2	855	1,2	765	29	0,000053	44	28,80
9	Стирол	C_8H_8	104,2	907	0,7	647	30	-	46	42,60
10	Толуол	C_7H_8	92,1	867	2,9	634	7	0,000089	38	41,03
11	Этиловый спирт 70% (масс)	C_2H_6O	46,1	890	3,4	682	20	-	50	27,20

ПРОТОКОЛ ОТЧЕТА (ОБРАЗЕЦ)

Шифр группы _____

ФИО студентов _____

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА ПО ЛАБОРАТОНОЙ РАБОТЕ № 6

Исходные данные: размеры помещения L·B·H, _____, м³;
 вид ЛВЖ, _____;
 объем ЛВЖ, _____ л.

1. Определение категории помещения по взрывопожаро-
 опасности.

2. Определение класса взрывоопасной (пожароопасной зоны).

3. Разработка технических мероприятий по понижению катего-
 рии помещения и класса зоны.

Вещество	Полученные данные (результаты)					
	первоначальные			после проведения техничес- ких мероприятий		
	ΔP , кПа	Категория помещения	Класс зоны	ΔP , кПа	Категория помещения	Класс зоны

Выводы:

Подпись преподавателя _____

Подписи студентов _____