

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИЙНЫХ ВЗРЫВОВ ТОПЛИВНО-ВОЗДУШНЫХ СМЕСЕЙ В ЗАКРЫТЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

Избыточное давление ΔP , кПа, взрыва, для паров легковоспламеняющихся жидкостей, состоящих из атомов С, Н, О, N, Cl, Br, F рассчитывается по (упрощенной) формуле:

$$\Delta P = (P_{\max} - P_0) \cdot \frac{m_{\pi} \cdot 10}{V_{\text{св}} \cdot \rho_{\pi} \cdot C_{\text{ст}}}, \quad (1.1)$$

где P_{\max} - максимальное давление взрыва стехиометрической газовой или паровой смеси в замкнутом объеме, кПа (определяется экспериментально или по справочным данным). При отсутствии данных допускается принимать $P_{\max} = 900$ кПа;

P_0 - начальное давление, кПа. Допускается принимать равным $P_0 = 101$ кПа;

m_{π} - масса паров ЛВЖ, вышедших в результате расчетной аварии в помещение, кг;

$V_{\text{св}}$ - свободный объем помещения, м³;

ρ_{π} - плотность пара или газа при расчетной температуре t_p , кг/м³;

$C_{\text{ст}}$ - стехиометрическая концентрация паров ЛВЖ, % об.

Масса паров m_{π} легковоспламеняющейся жидкости, вышедших в результате расчетной аварии в помещение, определяется по формуле:

$$m_{\pi} = W \cdot S_{\text{и}} \cdot \tau_{\text{и}} \quad (1.2)$$

где W - интенсивность испарения ЛВЖ (кг·с⁻¹·м²);

$S_{\text{и}}$ - площадь испарения при разливе, м²;

$\tau_{\text{и}}$ - длительность испарения жидкости, с;

Интенсивность испарения W легковоспламеняющейся жидкости определяется по справочным и экспериментальным данным.

$$W = 10^{-6} \cdot \eta \cdot \sqrt{M} \cdot P_{\text{н}}, \quad (1.3)$$

Для не нагретых выше температуры окружающей среды ЛВЖ, при отсутствии данных интенсивность испарения W допускается рассчитывать по формуле:

где η - коэффициент, зависящий от скорости и температуры воздушного потока над поверхностью испарения;

M - молярная масса вещества, кг/кмоль;

$P_{\text{н}}$ - давление насыщенных паров ЛВЖ, кПа.

Коэффициент η , зависящий от скорости и температуры воздушного потока над поверхностью испарения в помещении, определяется по таблице 1.1.

Таблица 1.1

Значение коэффициента η

Скорость воздушного потока, м/с	Значение коэффициента η при температуре t (°C) воздуха				
	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

Молярная масса M вещества определяется исходя из химической формулы вещества и атомной массы химических элементов, входящих в состав вещества. Молярная масса M расчетной легковоспламеняющейся жидкости указана в таблице 1.2.

Таблица 1.2

Значения показателей пожарной опасности некоторых легковоспламеняющихся жидкостей

№ п/п	Вещество	Химическая формула	Молярная масса, кг·кмоль ⁻¹	Температура самовоспламенения, °C	Константы уравнения Антуана			Нижний концентрационный предел распространения пламени, % (об.)	Теплота сгорания, кДж·кг ⁻¹
					A	B	C		
1	Амлацетат	C ₇ H ₁₄ O ₂	130,196	+290	6,29350	1579,510	221,365	1,08	29879
2	Ацетон	C ₃ H ₆ O	58,08	+535	6,37551	1281,721	237,088	2,7	31360
3	Изобутиловый спирт	C ₄ H ₁₀ O	74,12	+390	7,83005	2058,392	245,642	1,8	36743
4	Изопропилбензол	C ₉ H ₁₂	120,20	+424	6,06756	1461,643	207,56	0,88	46663
5	Изопропиловый спирт	C ₃ H ₈ O	60,09	+430	7,51055	1733,00	232,380	2,23	34139
6	Метиловый спирт	CH ₄ O	32,04	+440	7,3527	1660,454	245,818	6,98	23839
7	Сероуглерод	CS ₂	76,14	+102	6,12537	1202,471	245,616	1,0	14020
8	Стирол	C ₈ H ₈	104,14	+490	7,06542	2113,057	272,986	1,1	43888
9	Толуол	C ₇ H ₈	92,140	+535	6,0507	1328,171	217,713	1,27	40936
10	Уксусная кислота	C ₂ H ₄ O ₂	60,05	+465	7,10337	1906,53	255,973	4,0	13097
11	Хлорбензол	C ₆ H ₅ Cl	112,56	+637	6,38605	1607,316	235,351	1,4	27315
12	Этилбензол	C ₈ H ₁₀	106,16	+431	6,35879	1590,660	229,581	1,0	41323
13	Этиловый спирт	C ₂ H ₆ O	46,07	+400	7,81158	1918,508	252,125	3,6	30562
14	Дизтопливо «З»	C ₁₂ H ₂₃	172,3	+225	5,07818	1255,73	199,523	0,61	43590
15	Дизтопливо «Л»	C ₁₄ H ₂₉	203,6	+210	5,00109	1314,04	192,473	0,52	43419
16	Керосин КО-20	C ₁₃ H ₂₆	191,7	+227	4,82177	1211,73	194,677	0,55	43692

Давление насыщенных паров P_n определяется по рисунку 1.1 в зависимости от значения параметра $lg P_n$, вычисляемого по формуле:

$$lg P_n = A - \frac{B}{t_p + C}, \quad (1.4)$$

где A, B, C - константы уравнения Антуана, принимаются по таблице 1.1;

t_p - расчетная температура, °C, принимается равной максимальной абсолютной температуре воздуха, приведена в таблице 1.4.

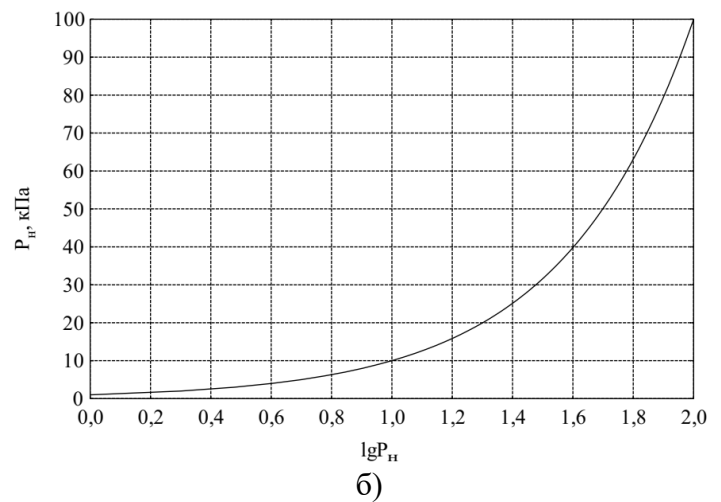
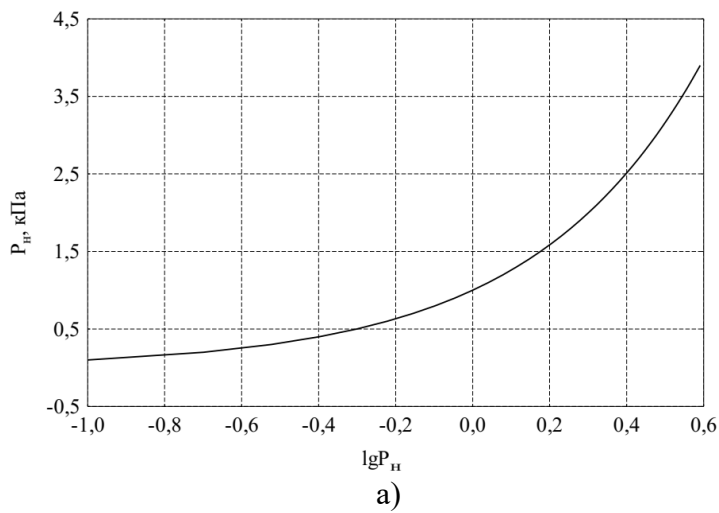


Рисунок 1.1 - Зависимость давления P_n насыщенных паров ЛВЖ от параметра $lg P_n$

Площадь испарения S_u 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 $0,5 \text{ м}^2$, а остальных жидкостей - на 1 м^2 пола помещения.

Объем разлившейся жидкости $V_{ж}$, определяется по следующей формуле:

$$V_{ж} = V_a + q \cdot \tau + \frac{\pi}{4} \cdot (d_1^2 \cdot L_1 + d_2^2 \cdot L_2 + \dots + d_n^2 \cdot L_n) \quad (1.5)$$

где V_a - объем ЛВЖ, хранящейся в технологическом аппарате, м^3 ;

q - расход жидкости в трубопроводах при нормальном технологическом процессе, $\text{м}^3/\text{с}$;

τ - расчетное время отключения трубопроводов, с;

d_1, d_2, d_n - диаметры технологических трубопроводов из обвязки технологического аппарата, м;

L_1, L_2, L_n - длины участков технологических трубопроводов из обвязки технологического аппарата (от аппарата до задвижки), м.

Расчетное время отключения трубопроводов τ следует принимать равным:

- времени срабатывания системы автоматики отключения трубопроводов согласно паспортным данным установки, если вероятность отказа системы не превышает 0,000001 в год или обеспечено резервирование ее элементов (но не более 120 с);
- 120 с, если вероятность отказа системы автоматики превышает 0,000001 в год и не обеспечено резервирование ее элементов;
- 300 с при ручном отключении.

Длительность испарения жидкости τ_u принимается равной времени ее полного испарения, но не более 3600 с.

Допускается для расчетов принимать максимально возможное значение длительности испарения жидкости $\tau_u = 3600 \text{ с}$.

Свободный объем помещения $V_{св}$ 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.

Плотность паров ρ_n легко воспламеняющейся жидкости при расчетной температуре t_p , вычисляется по формуле:

$$\rho_n = \frac{M}{22,413 \cdot (1 + 0,00367 \cdot t_p)}, \quad (1.6)$$

Стехиометрическая концентрация $C_{ст}$ паров легко воспламеняющейся жидкости определяется по формуле:

$$C_{ст} = \frac{100}{1 + 4,84 \cdot \beta}, \quad \text{здесь} \quad \beta = n_C + \frac{n_H - n_X}{4} - \frac{n_O}{2} \quad (1.7)$$

где n_C , n_H , n_O , n_X - соответственно число атомов углерода, водорода, кислорода и галоидов в молекуле горючего, определяется исходя из химической формулы вещества, приведенной в таблице 1.1.

По полученным значениям избыточного давления ΔP в соответствии с таблицей 1.3 определяют степень повреждения здания.

Таблица 1.3

Степень повреждения здания

Степень поражения	Избыточное давление, кПа
Полное разрушение зданий	100
50% разрушение зданий	53
Средние повреждения зданий	28
Умеренные повреждения зданий (повреждение внутренних перегородок, рам, дверей и т.п.)	12
Нижний порог повреждения человека волной давления	5
Малые повреждения (разбита часть остекления)	3

Практическая часть

Задание 1

В помещении находится технологический аппарат (емкость) для хранения легко воспламеняющейся жидкости.

Технологическая обвязка емкости выполнена из трубопровода диаметром 57 мм (0,057 м).

Суммарная длина технологических трубопроводов, ограниченная ручными задвижками, установленными на подводящем и отводящем трубопроводах, составляет 12 м.

Расход ЛВЖ в трубопроводах при нормальном течении технологического процесса составляет $q = 2 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Определить избыточное давление взрыва паров легко воспламеняющейся жидкости в результате полной разгерметизации технологического аппарата в помещении.

Определить степень повреждения здания.

Сделать вывод.

Каждому обучающемуся предлагается провести расчет для легко воспламеняющейся жидкости согласно порядковому номеру в таблице 1.4 в соответствии с порядковым номером обучающегося в списке группы.

Таблица 1.4

Исходные данные

№ вар.	Площадь помещения	Объем аппарата $V, \text{ м}^3$	Коэффициент заполнения, %	Наименование опасного вещества	Расчетная температура, °C
1	12x12x6	5	0,8	Амилацетат	35
2	10x14x8	4	0,8	Ацетон	33
3	14x12x6	8	0,8	Изобутиловый спирт	32
4	16x14x6	11	0,8	Изопропилбензол	34
5	12x11x6	13	0,8	Изопропиловый спирт	38
6	12x14x6	12	0,8	Метиловый спирт	33
7	10x14x6	9	0,8	Сероуглерод	35
8	12x18x6	5	0,8	Стирол	35
9	16x12x6	7	0,8	Толуол	35
10	18x16x6	8	0,8	Уксусная кислота	36
11	17x12x6	12	0,8	Хлорбензол	38
12	13x14x6	6	0,8	Этилбензол	32
13	14x14x6	8	0,8	Этиловый спирт	31
14	19x18x8	9	0,8	Дизтопливо «З»	34
15	12x15x6	11	0,8	Дизтопливо «Л»	33