

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №2

2.1 ПЕРВОЕ ЗАДАНИЕ ПОДРАЗУМЕВАЕТ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ПО РАСЧЕТУ ИЗБЫТОЧНОГО ДАВЛЕНИЯ ВЗРЫВА ДЛЯ ГОРЮЧИХ ГАЗОВ (ГГ).

ЦЕЛЬ: Рассчитать избыточное давление взрыва и определить категорию помещения по взрывопожароопасности.

Расчетные формулы

При расчете избыточного давления взрыва выбирается наиболее неблагоприятный вариант аварии:

- происходит расчетная авария одного из аппаратов с ГГ;
- все содержимое аппарата поступает в помещение;
- одновременно происходит утечка веществ из трубопроводов, питающих аппарат, по прямому и обратному

потокам в течение времени, необходимого для отключения трубопроводов.

- Расчетное время отключения трубопроводов следует принимать равным:

120 с - при автоматическом отключении;

300 с - при ручном отключении;

- в качестве расчетной температуры принимается максимально возможная температура воздуха в данном помещении с учетом климатической зоны. Если такого значения расчетной температуры t_p по каким-либо причинам определить не удастся, допускается принимать ее равной **61°C**.

Избыточное давление взрыва ΔP для индивидуальных горючих веществ, состоящих из атомов C, H, O, N, Cl, Br, I, F, определяется по формуле:

$$\Delta P = (P_{max} - P_0) \cdot \frac{m \cdot Z}{V_{св} \cdot \rho_g} \cdot \frac{100}{C_{ст}} \cdot \frac{1}{K_H}, \quad (1)$$

где P_{max} - максимальное давление взрыва стехиометрической газовой смеси в замкнутом объеме, определяемое экспериментально или по справочным данным. При отсутствии данных P_{max} принимают 900 кПа;

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

m - масса горючего газа (ГГ), вышедшего в результате расчетной аварии в помещение, кг;

Z - коэффициент участия горючего во взрыве, который допускается принимать для ГГ (кроме водорода) равным 0,5; для водорода равным 1;

$V_{св}$ - свободный объем помещения, м³, при отсутствии данных допускается принимать равным 80% от геометрического объема помещения;

ρ_g - плотность газа при расчетной температуре t_p , кг/м³;

$C_{ст}$ - стехиометрическая концентрация ГГ или паров ЛВЖ и ГЖ, % (об.);

K_H - коэффициент, учитывающий негерметичность помещения, допускается принимать равным 3.

Плотность газа при расчетной температуре определяется по формуле:

$$\rho_z = \frac{M}{V_0 \cdot (1 + 0.00367 \cdot t_p)}, \quad (2)$$

где M - молярная масса, кг/кмоль;

V_0 - мольный объем, равный 22,413 м³/кмоль;

t_p - расчетная температура, °C.

Стехиометрическая концентрация ГГ, % (об.), вычисляется по формуле:

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

где β - стехиометрический коэффициент кислорода в реакции сгорания, определяемый по формуле:

$$\beta = n_C + \frac{n_H - n_X}{4} - \frac{n_O}{2}, \quad (4)$$

где n_C , n_H , n_O , n_X - число атомов C, H, O и галоидов (N, Cl, Br, I, F) в молекуле горючего.

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

$$m = (V_a + V_T) \cdot \rho_g, \quad (5)$$

где V_a - объем газа, вышедшего из аппарата, м³;

V_T - объем газа, вышедшего из трубопроводов, м³.

При этом

$$V_a = 0,01 \cdot P_1 \cdot V, \quad (6)$$

где P_1 - давление в аппарате, кПа;

V - объем аппарата, м³;

$$V_T = V_{1T} + V_{2T}, \quad (7)$$

где V_{1T} - объем газа, вышедшего из трубопровода до отключения, м³;

V_{2T} - объем газа, вышедшего из трубопровода после отключения, м³;

$$V_{1T} = g \cdot \tau, \quad (8)$$

q - расход газа в трубопроводе, м³/с;

τ - время отключения трубопровода, с;

$$V_{2T} = 0,01 \cdot \pi \cdot P_2 \cdot (r_1^2 \cdot l_1 + r_2^2 \cdot l_2), \quad (9)$$

P_2 -давление в трубопроводе, кПа,

r_1, r_2 - внутренний радиус трубопроводов, м;

l_1, l_2 - длина трубопроводов от аварийного аппарата до задвижек, м.

В случае обращения в помещении горючих газов допускается учитывать работу аварийной вентиляции, если она обеспечена резервными вентиляторами, автоматическим пуском при превышении предельно допустимой взрывобезопасной концентрации и электроснабжением по первой категории надежности (ПУЭ), при условии расположения устройств для удаления воздуха из помещения в непосредственной близости от места возможной аварии.

При этом массу горючих газов m , поступивших в объем помещения при расчетной аварии, следует разделить на коэффициент k , определяемый по формуле:

$$k = \frac{A}{3600} \cdot \tau + 1. \quad (10)$$

Где A - кратность воздухообмена, создаваемого аварийной вентиляцией, ч⁻¹;

τ - продолжительность поступления горючих газов в помещение, с.

$$m' = \frac{m}{k}. \quad (11)$$

С учетом работы аварийной вентиляции при расчете избыточного давления взрыва в уравнение (1) следует подставлять значение m' .

Пример решения

Рассчитать избыточное давление взрыва в помещении, в котором находится аппарат с метаном и питающие его трубопроводы, при условии работы аварийной вентиляции.

№	ГГ	Формула	V, м ³	P ₁ , кПа	P ₂ , кПа	t _p , °C	r ₁ , м	r ₂ , м	l ₁ , м	l ₂ , м	g, м ³ /с	B, м	L, м	H, м	A, ч ⁻¹	Откл.*
Пр.	Метан	CH ₄	2	160	200	-	0,03	0,03	15	5	0,01	5	10	4	5	A

* Отключение трубопроводов автоматическое (A)

Определяем стехиометрический коэффициент кислорода в реакции сгорания для метана (CH₄) , по формуле (4):

$$\beta = n_C + \frac{n_H - n_X}{4} - \frac{n_O}{2} = 1 + \frac{4 - 0}{4} - \frac{0}{2} = 2.$$

Стехиометрическую концентрацию метана вычисляем по формуле (3):

$$C_{cm} = \frac{100}{1 + 4,84 \cdot \beta} = \frac{100}{1 + 4,84 \cdot 2} = 9,36.$$

Находим объем газа, вышедшего из аппарата, по формуле (6):

$$V_a = 0,01 \cdot P_1 \cdot V = 0,01 \cdot 160 \cdot 2 = 3,2 \text{ м}^3.$$

Находим объем газа, вышедшего из трубопроводов до и после отключения по формулам (8) и (9):

$$V_{1T} = g \cdot \tau = 0,01 \cdot 120 = 1,2 \text{ м}^3,$$

где $\tau = 120$ секунд, так как отключение трубопроводов автоматическое;

$$V_{2T} = 0,01 \cdot \pi \cdot P_2 \cdot (r_1^2 \cdot l_1 + r_2^2 \cdot l_2) = 0,01 \cdot 3,14 \cdot 200 \cdot (0,03^2 \cdot 15 + 0,03^2 \cdot 5) = 0,113 \text{ м}^3.$$

Находим объем газа, вышедшего из трубопроводов по формуле (7):

$$V_T = V_{1T} + V_{2T} = 1,2 + 0,113 = 1,313 \text{ м}^3.$$

Находим плотность газа при расчетной температуре по формуле (2):

$$\rho_z = \frac{M}{V_0 \cdot (1 + 0,00367 \cdot t_p)} = \frac{16}{22,4 \cdot (1 + 0,00367 \cdot 61)} = 0,584 \text{ кг/м}^3,$$

Где расчетная температура t_p выбрана 61°C, так как в задании данные о ней отсутствуют.

Находим массу газа, поступившего в помещение при расчетной аварии, по формуле (5):

$$m = (V_a + V_T) \cdot \rho_z = (3,2 + 1,313) \cdot 0,584 = 2,635 \text{ кг.}$$

Пересчитаем массу газа с учетом работы аварийной вентиляции, для этого найдем коэффициент k по формуле (10):

$$k = \frac{A}{3600} \cdot \tau + 1 = \frac{5}{3600} \cdot 120 + 1 = 1,167,$$

тогда $m = \frac{2,635}{1,167} = 2,26 \text{ кг.}$

Найдем свободный объем помещения, как 80% от геометрического объема помещения:

$$V_{св} = 0,8 \cdot B \cdot L \cdot H = 0,8 \cdot 5 \cdot 10 \cdot 4 = 160 \text{ м}^3.$$

Рассчитаем избыточное давление взрыва по формуле (1):

$$\begin{aligned} \Delta P &= (P_{max} - P_0) \cdot \frac{m \cdot Z}{V_{св} \cdot \rho_z} \cdot \frac{100}{C_{ст}} \cdot \frac{1}{K_H} = \\ &= (900 - 101) \cdot \frac{2,26 \cdot 0,5}{160 \cdot 0,584} \cdot \frac{100}{9,36} \cdot \frac{1}{3} = 34,4 \text{ кПа.} \end{aligned}$$

$$\Delta P > 5 \text{ кПа}$$

Помещение относится к категории А (повышенная взрывопожароопасность) согласно СП 12.13130.2009.