

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 9

Тема: Определение пожарной опасности жидкостей.

Цель работы: Проверить необходимые навыки для выполнения данных практических занятий.

Результат выполнения практической работы № 9 - проверка умений при проведении расчетов температурных пределов распространения пламени, температуры воспламенения, определении класса жидкости по температуре вспышки и оценки пожаровзрывоопасности веществ и материалов по показателям пожарной опасности жидкостей.

Содержание работы:

1. Расчет и оценка температурных пределов распространения пламени (воспламенения) по уравнению Антуана
2. Расчет температуры воспламенения
3. Расчет температуры вспышки и определение класса жидкости по температуре вспышки

ОПИСАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

К температурным показателям пожарной опасности относятся температурные пределы распространения пламени (нижний t_H и верхний t_V), температура вспышки $t_{всп}$, температура воспламенения $t_{восп}$, температура самовоспламенения $t_{св}$, температура зажигания $t_{заж}$, температура горения $t_{гор}$.

В порядке возрастания они могут быть расположены в виде ряда

$$t_{всп} < t_{восп} < t_{св} < t_{заж} < t_{гор}$$

Температура жидкости, при которой над поверхностью создается концентрация насыщенного пара, равная нижнему концентрационному пределу распространения пламени (воспламенения), называется **нижним температурным пределом воспламенения (НТПВ)**.

Температура жидкости, при которой над поверхностью создается концентрация насыщенного пара, равная верхнему концентрационному пределу распространения пламени (воспламенения), называется **верхним температурным пределом воспламенения (ВТПВ)**.

Температура вспышки – самая низкая температура (в условиях специальных испытаний) вещества, при которой над поверхностью его образуются пары и газы, способные вспыхивать в воздухе от источника зажигания, но скорость образования еще недостаточна для последующего горения.

По температуре вспышки жидкости, способные гореть, делятся на легковоспламеняющиеся (ЛВЖ) и горючие (ГЖ). ЛВЖ – это жидкости, имеющие температуру вспышки не выше 61°C (в закрытом тигле) или 65 °C (в открытом тигле). ГЖ– это жидкости, имеющие температуру вспышки выше 61°C (в закрытом тигле) или 66°C (в открытом тигле).

В соответствии с международными рекомендациями ЛВЖ делятся на три разряда:

I разряд – особо опасные ЛВЖ, к ним относятся ЛВЖ с температурой вспышки от -18°C и ниже в закрытом тигле или от -13°C и ниже в открытом тигле;

II разряд – постоянно опасные ЛВЖ, к ним относятся ЛВЖ с температурой вспышки выше -18°C до 23°C в закрытом тигле или от -13°C до 27°C в открытом тигле;

III – ЛВЖ опасные при повышенной температуре воздуха, к ним относятся ЛВЖ с температурой вспышки выше 23°C до 61°C в закрытом тигле или выше 27°C до 66°C в открытом тигле;

Расчетные методы определения ТПРП

Для расчетного определения ТПРП можно использовать зависимость давления насыщенного пара от температуры жидкости, которая выражается уравнением Антуана:

$$t_{н(в)} = \frac{B}{A - \lg(0,01P_{\text{атм}}\varphi_{н(в)})} - C_a, ^{\circ}\text{C}$$

где A, B, C_a - константы уравнения Антуана, которые определяются по таблице № 11 приложений;

$P_{\text{атм}}$ – атмосферное давление, кПа;

$\varphi_{н(в)}$ - концентрационные пределы распространения пламени, %.

Для упрощенных расчетов безопасные температуры можно определить по формулам:

$$t_{нб} < 0,9 (t_n - K_{\text{без}}) \qquad t_{вб} \geq 1,1 (t_v + K_{\text{без}})$$

где $K_{\text{без}}$ — коэффициент безопасности, равный:

для индивидуальных веществ и нефтепродуктов $10,5^{\circ}\text{C}$,

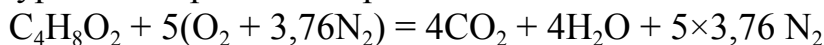
для технических и реакционных смесей 14°C .

Пример 1. Определить температурные пределы распространения пламени этилацетата $C_4H_8O_2$ для стандартных условий.

Решение

1. Определяем концентрационные пределы распространения пламени для этилацетата расчетом

1.1. Составляем уравнение реакции горения:



1.2. Определяем нижний и верхний объемный концентрационный предел распространения пламени

$$\text{НКПР} \quad \varphi_n^o = \frac{100}{a\beta + b} = \frac{100}{8,684 \cdot 5 + 4,679} = 2,08 \%$$

$$\text{ВКПР} \quad \varphi_v^o = \frac{100}{a\beta + b} = \frac{100}{1,55 \cdot 5 + 0,56} = 12,0 \%$$

2. Находим константы Антуана по таблице 11 приложений:

$$A = 6,2267 \qquad B = 1244,95 \qquad C_a = 217,88$$

3. Определяем температурные пределы распространения пламени этилацетата

$$t_{\kappa} = \frac{1244,95}{6,2267 - \lg(0,01 \cdot 101,3 \cdot 2,08)} - 217,88 = -6,9 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_{\text{в}} = \frac{1244,95}{6,2267 - \lg(0,01 \cdot 101,3 \cdot 12,0)} - 217,88 = 24,2 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

4. Определяем безопасные температурные пределы:

$$\begin{aligned} t_{\text{нб}} &< 0,9 (t_{\text{н}} - K_{\text{без}}) \\ t_{\text{вб}} &\geq 1,1 (t_{\text{в}} + K_{\text{без}}) \\ t_{\text{нб}} &< 0,9 (-6,9 - 10,5) = -15,66^{\circ}\text{C} \\ t_{\text{вб}} &\geq 1,1 (24,2 + 10,5) = 38,17^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

Ответ: при температуре от $-6,9$ до $24,2^{\circ}\text{C}$ насыщенный пар этилацетата образует взрывоопасную концентрацию.

Расчетные методы определения температуры вспышки

1) Расчет температуры вспышки по формуле Элея:

$$t_{\text{всп}} = t_{\text{кип}} - 18\sqrt{K_{\Gamma}}$$

Где K_{Γ} – коэффициент горючести вещества, который определяется по формуле:

$$K_{\Gamma} = 4n_{\text{C}} + 4n_{\text{S}} + n_{\text{H}} + n_{\text{N}} - 2n_{\text{O}} - 2n_{\text{Cl}} - 3n_{\text{F}} - 5n_{\text{Br}}$$

где n_{C} , n_{S} , n_{H} , n_{N} , n_{O} , n_{Cl} , n_{F} , n_{Br} – число соответствующих атомов в молекуле вещества.

2) Расчет температуры вспышки по структуре вещества по формуле:

$$t_{\text{всп}} = a_0 + a_1 t_{\text{кип}} + \sum a_j l_j, ^{\circ}\text{C},$$

где $a_0 = -73,14 \text{ }^{\circ}\text{C}$; $a_1 = 0,659$,

a_j – эмпирический коэффициент, соответствующей структурной группы молекулы (определяется по таблице № 9);

l_j – число структурных групп данного вида в молекуле.

Пример 2.

Определить температуру вспышки паров этилового спирта $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ по формуле Элея, если температура кипения этанола $78,37^{\circ}\text{C}$.

Решение.

$$t_{\text{всп}} = t_{\text{кип}} - 18\sqrt{K_{\Gamma}}$$

где K_{Γ} – коэффициент горючести вещества, который определяется по формуле:

$$K_{\Gamma} = 4n_{\text{C}} + 4n_{\text{S}} + n_{\text{H}} + n_{\text{N}} - 2n_{\text{O}} - 2n_{\text{Cl}} - 3n_{\text{F}} - 5n_{\text{Br}}$$

где n_{C} , n_{S} , n_{H} , n_{N} , n_{O} , n_{Cl} , n_{F} , n_{Br} – число соответствующих атомов в молекуле вещества.

$$K_{\Gamma} = 4n_{\text{C}} + n_{\text{H}} - 2n_{\text{O}} = 4 \cdot 2 + 6 - 2 \cdot 1 = 12$$

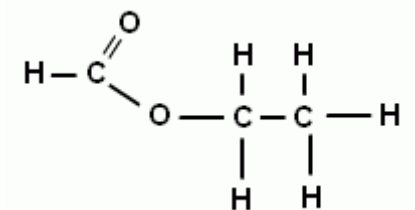
$$t_{\text{всп}} = t_{\text{кип}} - 18\sqrt{K_{\Gamma}} = 78,37 - 18\sqrt{12} = 78,37 - 62,35 = 16^{\circ}\text{C}$$

Ответ: температура вспышки этилового спирта составляет 16°C в закрытом приборе.

Пример 3. Определить температуру вспышки этилформиата $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$ по структуре вещества при стандартных условиях.

Решение

1. Определяем температуру кипения жидкости $t_{\text{кип}} = 54,3^{\circ}\text{C}$
2. Записываем структурную формулу этилформиата:



3. Определяем количество структурных групп l_j , и коэффициент a_j структурной группы из таблицы №9 приложений.

$l_{\text{C-C}} = 1$	$a_{\text{жн}} = -2,03$
$l_{\text{C-H}} = 6$	$a_{\text{жн}} = 1,105$
$l_{\text{C-O}} = 2$	$a_{\text{жн}} = 2,47$
$l_{\text{C=O}} = 1$	$a_{\text{жн}} = 11,66$

4. Определяем температуру вспышки этилформиата.

$$t_{\text{всп}} = a_0 + a_1 t_{\text{кип}} + \sum a_j l_j$$

$$t_{\text{всп}} = -73,14 + 0,659 \times 54 + (-2,03) \times 1 + 1,105 \times 6 + 2,47 \times 2 + 11,66 =$$

$$= -73,14 + 35,59 - 2,03 + 6,63 + 4,94 + 11,66 = -16,35^{\circ}\text{C}. \text{ (табл. } -20^{\circ}\text{C)}$$

Вывод: этилформиат имеет температуру вспышки $-16,35^{\circ}\text{C}$, и относится к постоянно опасным ЛВЖ.

Расчет температуры воспламенения

Температуру воспламенения веществ, в молекулах которых содержатся структурные группы, представленные в таблице (таблица 10 приложений), рассчитываются по формуле:

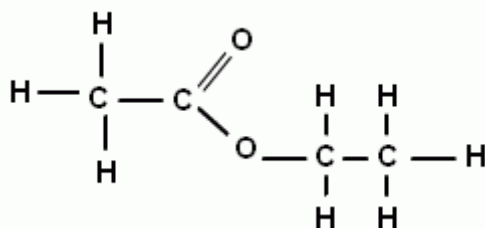
$$t_{\text{воспл}} = -47,79 + 0,882 t_{\text{кип}} + \sum_{j=2}^q a_j l_j.$$

Структурная группа	a_j	Структурная группа	a_j
C – C	0,027	C = O	– 0,826
C – H	– 2,118	N – H	– 0,261
C – O	– 0,111	O – H	8,216
C = C	– 8,980	C $\equiv$ C	– 2,069
C – N	– 5,876		

Пример 4. Определить температуру воспламенения этилацетата $C_4H_8O_2$ для стандартных условий.

Решение

1. Составляем структурную формулу этилацетата:



2. Для работы составляем таблицу:

Вид структурной группы	Число групп, a_j	I_i
C-C	2	0,027
C-H	8	-2,118
C-O	2	-0,111
C=O	1	-0,826

3. Определяем температуру кипения этилацетата по справочнику 77°C

4. Рассчитываем температуру воспламенения:

$$t_{\text{воспл}} = -47,49 + 0,882 \cdot 77 + 0,027 \cdot 2 - 2,118 \cdot 8 - 0,111 \cdot 2 - 0,826 = \\ = -47,49 + 67,91 + 0,054 - 16,944 - 0,222 - 0,826 = 2,48^\circ\text{C}$$

Ответ: температура воспламенения этилацетата составляет $2,48^\circ\text{C}$.