

УДК 614.841

*Д.Г. Трегубов, канд. техн. наук, ст. викладач, НУЦЗУ,
О.В. Тарахно, канд. техн. наук, начальник кафедри, НУЦЗУ,
Є.В. Сухар, студент, НУЦЗУ*

РОЗРАХУНКОВЕ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ СПАЛАХУ РІДИНИ ЗА ЇЇ ТЕПЛОТОЮ ВИПАРОВУВАННЯ

(представлено д-ром хим. наук Калугиным Д.В.)

Розглянуто стан питання щодо розрахункового визначення температури спалаху рідин. Запропоновано нову формулу для розрахунку температури спалаху рідин різних гомологічних рядів за їх теплотами випаровування.

Ключові слова: температура спалаху, рідина, теплота випаровування.

Постановка проблеми. Як відомо [1], одним із головних параметрів пожежної небезпеки горючих рідин є температура спалаху ($t_{сп}$), але даний параметр пожежної небезпеки для багатьох рідин експериментально не визначений і не представлений у довідниковій літературі. Тому питання розрахункового визначення температури спалаху є актуальним.

Аналіз останніх досягнень та публікацій. Існують декілька методик розрахункового визначення $t_{сп}$ [2], наприклад, за константами гомологічних рядів рідин, за видом та кількістю різних хімічних елементів або хімічних зв'язків у структурі молекули, які потребують підстановки відповідних параметрів розрахунку. Розрахунок за інкрементами хімічних зв'язків потребує відомостей про структурну будову молекули, для чого необхідно користуватись спеціальною хімічною літературою. Розрахунок за гомологічним класом має нестачу параметрів розрахунку для деяких речовин, наприклад для ефірів. Найбільш загальний та простий розрахунок проводять за формулою Елея, але цей розрахунок характеризується великою похибкою.

Зв'язок температури спалаху з тиском насиченої пари використовує формула Блінова [1], але вона потребує використання коефіцієнтів дифузії пари даної рідини.

Постановка задачі та її рішення. Аналіз показав, що не завжди для горючих рідин в довідниковій літературі можна знайти зазначені вище параметри для розрахунку температури спалаху. Проте для більшості рідин відома їх температура кипіння [4]. Тому задачею

даної роботи є розрахунок температури спалаху рідин лише на підставі їх температури кипіння.

Пожежна небезпека горючої рідини залежить від інтенсивності її випаровування за даних умов. Одним з головних параметрів, що характеризує інтенсивність випаровування, є теплота випаровування $\Delta H_{\text{вип}}$. Тому, значення теплот випаровування рідин використовують при розрахунку $t_{\text{сп}}$ та температурних меж поширення полум'я [1].

Значення теплот випаровування рідин можна знайти за рівнянням Клаузіуса-Клапейрона:

$$\ln \frac{P_{\text{нп}}(T_2)}{P_{\text{нп}}(T_1)} = \frac{\Delta H_{\text{вип}}}{R} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right), \quad (1)$$

де $\Delta H_{\text{вип}} \text{ рід}$ – теплота випаровування рідини; кДж·моль⁻¹;

$P_{\text{нп}}$ – тиск насиченої пари рідини, кПа;

T – температура рідини, К.

Використання цієї формули потребує знання залежності тиску насиченої пари рідини від її температури, яка не для всіх речовин наведена у довідниковій літературі.

У літературі [1] наведені спрощені емпіричні формули для розрахунку теплот випаровування для хімічних сполук різних гомологічних класів. Аналіз відмінності полярних та неполярних сполук показав, що більше значення теплоти випаровування мають полярні рідини, наприклад кисневмісні рідини. Тому нами в роботі [3] запропонована загальна апроксимаційна формула для визначення теплоти випаровування рідин з урахуванням наявності та кількості полярних груп у молекулі:

$$\Delta H_{\text{вип}} = 89,12 \cdot 10^{-3} \cdot T_{\text{кип}} + \frac{5(T_{\text{кип}} - 273)}{\mu} n, \text{ кДж} \cdot \text{моль}^{-1}, \quad (2)$$

де $T_{\text{кип}}$ – температура кипіння рідини, К;

μ – молярна маса, г·моль⁻¹;

n – кількість полярних груп у молекулі.

Максимальна відносна похибка розрахунку теплоти випаровування горючих речовин за формулою (2) дорівнює 13 %, при цьому середнє відхилення складає 4,4 %. Проте необхідно враховувати, що перші члени гомологічних рядів мають дещо інші властивості, ніж весь гомологічний ряд, тому для них похибка розрахунку може бути більшою.

Нами проведений пошук апроксимаційної залежності $t_{\text{сп}}$ від теплоти випаровування та температури кипіння рідини. Було враховано, що температура спалаху – це така температура рідини, за якої над її поверхнею утворюється пара, що має концентрацію, рівну нижній концентраційній межі поширення полум'я (НКМПП). Тобто, якщо метанол необхідно гріти до досягнення концентрації пари у повітрі 7 %, то для запалювання гептанолу необхідно нагріти його до досягнення концентрації пари 1 % (див. табл. 1).

Для розрахунку температури спалаху за загальною формулою нами запропоновано залежність:

$$t_{\text{сп}} = 0,025 \Delta H_{\text{вип}} (T_{\text{кип}} - 273) \left(\frac{\varphi_{\text{н}}}{7} \right)^{0,3} - 50, \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (3)$$

де $\varphi_{\text{н}}$ – нижня концентраційна межа поширення полум'я для пари рідини, %.

Таблиця 1 – Прогноз температури спалаху рідин різних гомологічних класів за формулою (3) та вихідні дані для розрахунку

Речовина	$\Delta H_{\text{вип}}$, кДж·моль ⁻¹ (за довідником [4])	$t_{\text{кип}}$, °C, [5]	НКМПП, %, [5]	$t_{\text{сп}}$, °C, [5]	$t_{\text{сп}}$, °C, розрахунок за формулою (3)
метанол	35,3	65	7	8	7,36
етанол	38,6	78	3,6	13	11,65
ацетон	32,3	56..	2,7	-18	-16,02
нітроетан	38,1	114	3,4	30	37,43
пропанол	46,3	98	2,3	29	31,23
ізопропанол	40,2	82	2,23	18	8,47
бутанол	43,9	118	1,8	41	36,16
трет-бутанол	39,7	83	1,8	10	4,81
діетиловий ефір	26,7	35,6	1,7	-40	-34,45
1,3-пентадієн	27,2	43	1,5	-42	-31,58
пентан	25,8	36	1,47	-40	-35,46
фенол	48,2	182	1,52	85	88,71
бензол	30,8	80	1,43	-11	-11,74
стирол	37,3	145	1,1	37	27,61
гексадекан	51,5	287	0,47	128	114,33
гептанол	51,1	160	1	63	64,01

За відсутністю значень теплот випаровування для формули (3), їх можна розраховувати попередньо за формулою (2).

Висновок. По результатах проведеної роботи запропоновано формулу (3), яка дозволяє розраховувати температуру спалаху рідин ($t_{\text{кип}}$ до 200 °C) різних гомологічних класів з відносною похибкою не більше 5 % ($T_{\text{сп}}$ у градусах К).

ЛІТЕРАТУРА

1. Монахов В.Т. Методы исследования пожарной опасности веществ / В.Т. Монахов – М.: Химия, – 1979. – 424 с.

2. Корольченко А.Я. Расчет основных показателей пожаровзрывоопасности / А.Я. Корольченко // Пожаровзрывоопасность. – М.: Химия, - 2003. – 210 с. ()

3. Трегубов Д.Г. Теплота випаровування, як фактор визначення пожежної небезпеки горючих рідин / Д.Г. Трегубов // Проблеми пожарной безопасности.- Харьков: НУГЗУ, - 2009. - Вып.26. - С. 251.

4. Справочник химика. Т.1. / [под ред. Никольского Б.П.]– Л.: Химия. – 1964. – 1000 с.

5. Корольченко А.Я., Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения / А.Я. Корольченко, Д.А. Корольченко, в 2 частях. - М.: Пожнаука, 2004. – 1448 с.

nuzi.edu.ua

Д.Г. Трегубов, Е.В. Тарахно, Е.В. Сухар

Расчетное определение температуры вспышки жидкости по ее теплоте испарения.

Рассмотрено состояние вопроса относительно расчетного определения температуры вспышки жидкостей. Предложена новая формула для расчета температуры вспышки жидкостей разных гомологических рядов по их теплотам испарения.

Ключевые слова: температура вспышки, жидкость, теплота испарения.

D.G. Tregubov, E.V. Tarakhno, E.V. Sukhar

Calculation definition of the liquid flashpoint in her heat evaporation.

The status of the issue regarding of the flashpoint liquids calculation is reviewed. The new formula for calculation flashpoint liquids of different homologous origin of their hearts of evaporation is proposed.

Keywords: a liquid, a flashpoint, a heat evaporation.