

Д.Г. Трезубов, к.т.н., викладач, УЦЗУ
К.В. Жернокльов, к.х.н., ст. викладач, УЦЗУ
Ю.С. Горела, студентка, УЦЗУ

ВИЗНАЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУРНИХ МЕЖ ПОШИРЕННЯ ПОЛУМ'Я БАГАТОКОМПОНЕНТНИХ СУМІШЕЙ ГОРЮЧИХ РІДИН

(представлено д-ром техн. наук В.М. Комяк)

Розглянуто стан питання щодо розрахунку температурних меж поширення полум'я (ТМПП) сумішей горючих рідин. Запропонована нова апроксимаційна формула для розрахунку ТМПП сумішей рідин. Запропонована методика розрахунку ТМПП багатоконпонентних сумішей за апроксимаційними формулами. Показано можливість отримання розрахункових значень ТМПП з низькою похибкою відносно довідникових даних.

Постановка проблеми. Температурні межі поширення полум'я (ТМПП) є важливим показником пожежної небезпеки рідин в закритих умовах. Якщо температура рідини потрапляє в цей діапазон, це означає, що над поверхнею рідини утворюється вибухонебезпечна суміш пари з повітрям. В техніці рідко використовують чисті індивідуальні рідини, частіше – суміші або рідини із значним вмістом домішок. Тому питання визначення ТМПП сумішей рідин є актуальним.

Аналіз останніх досягнень та публікацій. У довідниках значення ТМПП сумішей горючих рідин майже не наведені [1, 2]. Водночас, не існує і зручної простої методики розрахунку цього параметру. Використовують залежність тиску насиченої пари від температури, методи сум дорівнюючи сумарну схильність суміші до випаровування до одиниці (за константами Антуана або теплотою випаровування), за розрахунком концентраційних меж поширення полум'я пароповітряної суміші [3, 4]. Врахування коефіцієнтів активності компонентів суміші рідин значною мірою ускладнює такі розрахунки.

Постановка задачі та її рішення. З цього приводу був проведений пошук шляхів зручного розрахунку ТМПП суміші рідин.

Відомо, що температуру спалаху двох взаєморозчинних рідин А і В можна оцінити, за формулою, що апроксимує загальний характер зміни $t_{сп}$ у залежності від відсоткового складу такої суміші. Оскільки температура спалаху має близькі значення до величини нижньої ТМПП та враховуючи, що характер зміни тиску насиченої пари суміші на верхній ТМПП має аналогічну залежність, був проведений розрахунок нижньої та верхньої ТМПП кількох відомих сумішей, виходячи зі значень ТМПП їх компонентів. Для розрахунку верхньої або нижньої

ТМПП дана формула набуває вигляду:

$$t_M = \frac{\varphi_A \cdot t_{MA} + \varphi_B \cdot t_{MB} - f(t_{MA} - t_{MB})}{100}, \text{ } ^\circ\text{C}. \quad (1)$$

де φ_A, φ_B – вміст рідин А і В у суміші, %;

t_{MA}, t_{MB} – температура спалаху компонентів суміші, $^\circ\text{C}$;

f – коефіцієнт, що визначається, виходячи з вмісту речовини з більшою температурою спалаху (речовина А); у довідниковій літературі коефіцієнт f наведений з шагом 5 % вмісту, тому для інших концентрацій наведені значення необхідно інтерполювати.

В результаті розрахунку за формулою (1) отримані значення ТМПП для не азеотропних сумішей взаєморозчинних рідин з низькою похибкою. Результати розрахунків для деяких сумішей наведені в таблиці 1.

Таблиця 1. Результати прогнозу ТМПП багатоконпонентних сумішей за різними методиками розрахунку та порівняння з довідниковими даними

| Суміш | Визначення ТМПП | ТМПП, $^\circ\text{C}$ | | Похибка*, % | |
|---------------------|-------------------|------------------------|-------|-------------|-------|
| | | t_H | t_B | t_H | t_B |
| етанол (5 %) | за довідником [1] | 40 | 71 | - | - |
| етилцелозольв (95%) | за формулою (1) | 34,2 | 74,2 | 2 | 0,9 |
| | за формулою (2) | 29** | 67 | 3,5 | 1,2 |
| бензол (50 %) | за довідником [3] | -8 | 23 | - | - |
| хлорбензол (50 %) | за формулою (1) | -7,5 | 22 | 0,2 | 0,3 |
| | за формулою (2) | -6 | 23 | 0,8 | 0,0 |
| | за Монаховим [3] | -6,5 | 21,5 | 0,6 | 0,5 |
| ацетон (45 %) | за довідником [1] | -11,5 | 9,5 | - | - |
| толуол (55 %) | за формулою (1) | -14,5 | 12,6 | 1,1 | 1,1 |
| | за формулою (2) | -15 | 11,6 | 1,3 | 0,7 |
| бутилацетат (12 %) | за довідником [1] | -9 | 19 | - | - |
| ацетон (26 %) | за формулою (3) | -10,5 | 17,6 | 0,6 | 0,5 |
| толуолу (62 %) | за формулою (4) | -11,9 | 14,6 | 1,1 | 1,5 |
| бутилацетат (30 %) | за довідником [1] | -3 | 24 | - | - |
| ацетон (30 %) | за формулою (3) | -3,4 | 21,0 | 0,01 | 0,1 |
| ксилол (40%) | за формулою (4) | -5,9 | 21,7 | 1,1 | 0,8 |

* - відносна похибка розрахунку; розрахунок похибки проводився у К;

** - суміш має азеотропні властивості; так, оскільки нижня ТМПП для етилцелозольву $39\text{ }^\circ\text{C}$, для етанолу – $11\text{ }^\circ\text{C}$, 5 % етанолу у разі утворення не азеотропної суміші повинно було значно знизити ТМПП суміші; довідникові дані показують іншу залежність.

У той же час, багато компонентів у розчинах є частково розчинними та такими, що можуть створювати азеотропні суміші. Це призводить до зміни значень діапазону ТМПП суміші відносно відповідних значень ТМПП компонентів. Розрахунок таких сумішей є не точним навіть з використанням коефіцієнтів активності. Тому при розрахунках в багатьох випадках кращі результати можна отримати для сумішей, що складаються з рідин близького хімічного походження. Для можливості розрахунку більш широкого діапазону сумішей рідин був проведений пошук шляхів визначення ТМПП з врахуванням залежності тиску насиченої пари від температури рідини та розроблена відповідна методика. Аналіз літератури показав, що близька методика раніше розроблена В.Т. Монаховим [3]. Схема методики наступна: оцінка чотирьох температур пошуку ТМПП; розрахунок тиску насиченої пари компонентів з врахуванням їх відсоткового вмісту; визначення концентрації парів; визначення концентраційних меж поширення полум'я (КМПП) суміші парів в повітрі; розрахунок тиску насиченої пари на концентраційній межі; розрахунок ТМПП за інтерполяційною формулою. Розрахунок ТМПП суміші бензолу (50%) з хлорбензолом (50 %) за даною методикою дозволив отримати навіть дещо меншу точність ніж попередня апроксимаційна формула. Недоліками даної методики є також відносна складність та незрозумілість способу оцінки температурних діапазонів пошуку значень верхньої і нижньої ТМПП, що, в свою чергу, викликає необхідність проведення повних розрахунків для чотирьох температур.

Розроблена нами методика цих недоліків не має. Схема методики наступна: визначення ТМПП у першому наближенні; розрахунок тиску насиченої пари компонентів суміші; визначення тиску насиченої пари компонентів за їх відсотковим вмістом; визначення за тиском насиченої пари концентрації компоненту у пароповітряному просторі; визначення концентраційних меж поширення полум'я суміші парів в повітрі; розрахунок тиску насиченої пари на концентраційній межі; порівняння тиску насиченої пари, встановленого за значенням КМПП, зі значенням, встановленим за температурою рідини та встановлення поправки; визначення температури (ТМПП) з врахуванням поправки.

Для визначення ТМПП бінарних сумішей у першому наближенні була розроблена більш проста апроксимаційна формула:

$$t_m = t_{mA} - (t_{mA} - t_{mB}) \sqrt[3]{\frac{\varphi_B}{100}}, \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (2)$$

де φ_B – вміст у суміші рідини з меншим значенням ТМПП, %;

t_{mA} , t_{mB} – нижня або верхня ТМПП компонентів суміші, $^\circ\text{C}$.

Розрахунки показали, що вже ця формула дозволяє отримати

низьку похибку для не азеотропних сумішей взаєморозчинних рідин і повторного розрахунку повною методикою не потребує. Результати розрахунків наведені в таблиці 1. Дані таблиці 1 показують, що розрахунок за апроксимаційною формулою (2) дозволяє отримати приблизно ту саму точність, що й за методикою розрахунку ТМПП з використанням значень тиску насиченої пари і апроксимаційної формули (1).

Адаптацію формул (1) і (2) для розрахунку ТМПП багатокомпонентних сумішей можна провести шляхом послідовного розрахунку ТМПП бінарних сумішей $t_{\text{мбін}}$ замість рідини А або В. Наприклад:

$$t_{\text{мсум}} = \frac{\varphi_A \cdot t_{\text{мА}} + \varphi_{(B+C)} \cdot t_{\text{мбін}} - f(t_{\text{мА}} - t_{\text{мбін}})}{100}, \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (3)$$

$$t_{\text{мсум}} = t_{\text{мА}} - (t_{\text{мА}} - t_{\text{мбін}}) \sqrt[3]{\frac{\varphi_{(B+C)}}{100}}, \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (4)$$

де $t_{\text{мА}}$, $t_{\text{мВ}}$, $t_{\text{мС}}$ – нижня або верхня ТМПП компонентів суміші, $^\circ\text{C}$.
Результати розрахунку ТМПП багатокомпонентних сумішей за формулами (3), (4) наведені в таблиці 1.

Висновки. 1. Апроксимаційні формули (1) і (2) дозволяють розраховувати ТМПП не азеотропних багатокомпонентних сумішей взаєморозчинних рідин з відносною похибкою не більше 1,5 %.

2. Показано, що похибка розрахунку за формулами (1) і (2) не перевищує похибки розрахунку за тиском насиченої пари.

2. Меншу похибку розрахунку ТМПП не азеотропних сумішей взаєморозчинних рідин дозволяє отримати формула (1).

3. Розрахунок за формулою (2) більш спрощений та не потребує додаткових довідникових даних (для визначення коефіцієнту f).

ЛІТЕРАТУРА

1. Баратов А.Н., Корольченко А.Я. и др. Пожаровзрывоопасность веществ и мат-лов и ср-ва их тушения. Справочник в 2-х кн. - М.: Химия. - 1990. –272 с.
2. Годжело М.Г., Рябов И.В. и др. Пожарная опасность веществ и материалов. Спр. в 2-х кн. Т.2. – М.: Изд. лит. по стр. – 1970. – 336 с.
3. Монахов В.Т. Методы исследования пожарной опасности веществ. – М.: Химия. – 1979. – 424 с.
4. Баратов А.Н., Иванов Е.Н., Корольченко А.Я и др. Пожарная безопасность. Взрывобезопасность. - М.: Химия. 1987. –272с.

Стаття надійшла в редакцію 11.09.2007 г.