

Д.Г. Трезубов, к.т.н., викладач, УЦЗУ

О.В. Тарахно, к.т.н., нач. каф., УЦЗУ

Ю.С. Горела, студентка, УЦЗУ

РОЗРАХУНОК ТЕМПЕРАТУРНИХ МЕЖ ПОШИРЕННЯ ПОЛУМ'Я СУМІШЕЙ РІДИН

(представлено д-ром техн. наук В.И. Кривцовой)

Розглянуто стан питання щодо розрахунку температурних меж поширення полум'я (ТМПП) сумішей горючих рідин. Запропонована нова апроксимаційна формула та методика розрахунку ТМПП багатокomпонентних сумішей. Проведена адаптація даної методики для розрахунку ТМПП сумішей горючих рідин з негорючими.

Постановка проблеми. Як відомо [1, 2], одним із параметрів пожежної небезпеки горючих рідин є температурні межі поширення полум'я (ТМПП). В техніці рідко використовують чисті індивідуальні рідини, частіше – суміші або рідини із значним вмістом домішок. Тому питання визначення ТМПП сумішей рідин є актуальним.

Відносно складнощів прогнозу ТМПП сумішей рідин слід зазначити, що багато компонентів у розчинах є частково розчинними або такими, що можуть створювати азеотропні суміші, властивості яких не підкоряються адитивним законам. Це призводить до зміни значень діапазону ТМПП суміші відносно відповідних значень ТМПП компонентів. Розрахунок параметрів пожежної небезпеки таких сумішей є неточним, навіть з використанням коефіцієнтів активності. Тому при розрахунках параметрів пожежної небезпеки кращі результати можна отримати для сумішей, що складаються з рідин одного гомологічного ряду, які не утворюють азеотропні суміші.

На теперішній час для розрахунку ТМПП сумішей використовують залежність тиску й концентрації насиченої пари суміші рідин від температури, а також методи сум, за якими дорівнюють сумарну схильність суміші до випаровування до одиниці (за константами Антуана або теплою випаровування) [1, 2]. Необхідність врахування коефіцієнтів активності компонентів суміші рідин значною мірою ускладнює такі розрахунки. Для врахування наявності негорючих рідин у суміші запропоновані методики, які передбачають: розрахунок умовної нижньої ТМПП негорючого компоненту з урахуванням флегматизуючого або інгібіруючого впливу пари цієї рідини на горіння; розрахунок ТМПП шляхом визначення КМПП пари, що утворюється.

Аналіз останніх досягнень та публікацій. Проведений нами в попередніх роботах аналіз [3] показав, що розрахунок ТМПП суміші бензолу (50%) з хлорбензолом (50 %) за методикою викладеною в

довідниковій літературі [1] має ряд недоліків: відносна складність оцінки температурних діапазонів пошуку значень верхньої і нижньої ТМПП суміші, що, в свою чергу, викликає необхідність проведення повних розрахунків для чотирьох температур, що визначають діапазони пошуку. Крім того даний розрахунок дає меншу точність, ніж наведена нижче апроксимаційна формула. За проведеним аналізом для оцінки ТМПП бінарних неазеотропних сумішей взаєморозчинних рідин з отриманням відносної похибки розрахунку не більше 1,1 % можна скористатися апроксимаційною формулою:

$$t_{m_{\text{сум}}} = \frac{\varphi_A \cdot t_{m_A} + \varphi_B \cdot t_{m_B} - f(t_{m_A} - t_{m_B})}{100}, \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (1)$$

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

t_{m_A}, t_{m_B} – нижня або верхня ТМПП компонентів суміші, $^\circ\text{C}$;

f – коефіцієнт, що визначається, виходячи з вмісту речовини з більшою температурою спалаху (речовина А).

Для багатоконпонентних сумішей необхідно спочатку розрахувати ТМПП бінарних сумішей у складі загальної суміші в якості речовини “В”.

Основний недолік даного розрахунку – необхідність використання дискретних табличних даних для визначення коефіцієнту f .

Постановка задачі та її рішення. Для спрощення розрахунків ТМПП сумішей як горючих рідин, так і сумішей горючих рідин з негорючими в роботі запропонована методика на основі законів Рауля та Дальтона. Відповідно до цих законів загальний тиск насиченої пари над ідеальним розчином визначається як сума тисків компонентів розчину та вмістом низькокиплячого компоненту. Відповідно до даної методики визначення ТМПП бінарних сумішей проводять розрахунком без використання коефіцієнту f за апроксимаційною аформулою:

$$T_{m_{\text{бін}}} = T_{m_A} - (T_{m_A} - T_{m_B}) \sqrt[3]{g_B}, \text{ } \text{K}, \quad (2)$$

де g_B – масова частка компоненту В з меншим значенням ТМПП;

T_{m_A}, T_{m_B} – нижня або верхня ТМПП компонентів суміші, К;

$T_{m_{\text{бін}}}$ – нижня або верхня ТМПП бінарної суміші, К.

Похибка розрахунку за цією формулою становить 1,5 %.

Для розрахунку багатоконпонентних сумішей взаєморозчинних рідин, що не є азеоропами, нами запропонована методика, яка передбачає попередній розрахунок ТМПП бінарної системи за формулою (2) для компонентів суміші, що мають менші значення ТМПП.

$$T_{m_{\text{сум}}} = T_{m_A} - (T_{m_A} - T_{m_{\text{бін}}}) \sqrt[3]{g_B + g_C}, \text{ } \text{K}, \quad (3)$$

де g_B, g_C масові частки компонентів В та С у суміші, які мають менші значення ТМПП, %;

$T_{MA}, T_{M_{\text{бін}}}$ – нижня або верхня ТМПП компонентів суміші, К.

При розрахунку ТМПП багатокомпонентних сумішей слід пам'ятати, що взаєморозчинні рідини створюють тиск насичених пар пропорційно їх вмісту в суміші, а тиск насиченої пари взаємонерозчинних або частково розчинних рідин сумується, тому характерні температури суміші знижуються.

Негорючі рідини в суміші можуть бути як розчинними, так і нерозчинними. Тому за наявності в складі суміші негорючих компонентів, їх вплив на величини ТМПП залежить від типу розчину. В загальному випадку наявність негорючих рідин у суміші збільшує значення і звужує діапазон ТМПП. Ступінь флегматизації пароповітряного простору залежить від співвідношення температур кипіння горючого та негорючого компонента суміші. Зважаючи на викладене вище, формула (2), з врахуванням наявності в суміші розчинної негорючої рідини, набуває вигляду:

$$T_{\text{м сум}} = \frac{T_{MA} - (T_{MA} - T_{MB}) \sqrt[3]{g_B}}{(1 - g_{\text{нг}})^{K_M}}, \text{ К}, \quad (4)$$

де K_M – константа межі, для нижньої ТМПП $K_M = 0,04 \left(\frac{T_{\text{кшнг}} - 273}{T_{\text{кшгр}} - 273} \right)^{1,6}$, для

$$\text{верхньої ТМПП } K_M = 0,02 \left(\frac{T_{\text{кшнг}} - 273}{T_{\text{кшгр}} - 273} \right)^{1,6}.$$

При розрахунку за даною формулою ТМПП бінарних сумішей взаєморозчинних рідин, що складаються з одного горючого та одного негорючого компонента, приймаємо вміст речовини “В” $\varphi_B = 0$, тоді:

$$T_{\text{м сум}} = \frac{T_{MA}}{(1 - g_{\text{нг}})^{K_M}}, \text{ К}. \quad (5)$$

Слід також зазначити, що розрахунок формула (4) не враховує можливого інгібіруючого ефекту, на який здатна пара деяких негорючих та важкогорючих рідин. Крім того, здатність до випаровування залежить від інтенсивності міжмолекулярних зв'язків у суміші, що пов'язано з природою компонентів розчину.

За формулою (5) була проведена перевірка розрахунку значень ТМПП сумішей з водою етилового та метилового спиртів. Розрахункові значення нижньої та верхньої ТМПП наведені у табл.1 та табл.2.

Таблиця 1. Результати прогнозу ТМПП водних розчинів етилового спирту*

| Вміст C ₂ H ₆ O, % | ТМПП за розрахунком, К | | ТМПП за довідником [2], К | |
|--|------------------------|--------|---------------------------|--------|
| | нижня | верхня | нижня | верхня |
| 70 | 290,0 | 317,3 | 293 | 316 |
| 40 | 299,8 | 322,6 | 298 | 322 |
| 5 | 339,0 | 343,1 | 333 | 344 |

* - для етилового спирту $T_n = 284$ К, $T_v = 314$ К [2].

Таблиця 2. Результати прогнозу ТМПП водних розчинів метилового спирту*

| Вміст CH ₄ O, % | ТМПП за розрахунком, К | | ТМПП за довідником [2], К | |
|----------------------------|------------------------|--------|---------------------------|--------|
| | нижня | верхня | нижня | верхня |
| 70 | 288,1 | 316,5 | 288 | 322 |
| 40 | 301,4 | 323,7 | 303 | 328 |
| 10 | 336,9 | 342,2 | 333 | 349 |

* - для метилового спирту $T_n = 280$ К, $T_v = 312$ К [2].

Максимальна відносна похибка розрахунку ТМПП суміші горючої рідини гомологічного ряду спиртів з водою складає 2 %.

Висновок. Представлені апроксимаційні формули дозволяють розраховувати ТМПП неазеотропних багатокомпонентних сумішей взаєморозчинних рідин з відносною похибкою не більше 2 %.

ЛІТЕРАТУРА

1. Монахов В.Т. Методы исследования пожарной опасности веществ. – М.: Химия. – 1979. – 424 с.
2. Баратов А.Н., Иванов Е.Н., Корольченко А.Я и др. Пожарная безопасность. Взрывобезопасность. Справочник. – М.: Химия 1987. – 272 с.
3. Трегубов Д.Г., Жернокльов К.В., Горела Ю.С. Визначення температурних меж поширення полум'я багатокомпонентних сумішей горючих рідин // Проблеми пожарной безопасности. Вып. 22. – Харьков: УГЗУ. – 2007. – С. 190-193.
4. Годжело М.Г., Рябов И.В. и др. Пожарная опасность веществ и материалов. Справочник в 2-х книгах. Т.2. – М.: Издательство литературы по строительству. – 1970. – 336 с.

Стаття надійшла до редакції 15.02.2008 р.