

В.І. Згура, В.О. Боровиков, к.т.н., О.М. Слущька, В.О. Чеповський (Український науково-дослідний інститут пожежної безпеки МНС України)

Н.М. Козяр (Львівський державний університет безпеки життєдіяльності)

ПИТАННЯ УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИК ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ВИПРОБУВАНЬ ПІНОУТВОРЮВАЧІВ ДЛЯ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ

Висвітлено перспективи підвищення точності результатів випробувань піноутворювачів загального та спеціального призначення для гасіння пожеж завдяки використанню більш точних вимірювальних приладів і (або) удосконалення методик випробувань, а також практичну значимість цих дій

Як відомо, загальні технічні вимоги і методи випробувань піноутворювачів для гасіння пожеж в Україні регламентовано Державними стандартами ДСТУ 3789 [1] і ДСТУ 4041 [2]. Відповідно до положень ДСТУ 3412 [3], протокол випробувань зразків продукції має містити відомості про розрахункові значення похибки визначення показників якості. Однією з вимог стандарту ДСТУ ISO/IEC 17025 [4] також є оцінювання невизначеності результатів випробувань (за погодженням із замовником допускається розрахунок похибки замість невизначеності). Необхідність оцінювання похибки (невизначеності) зумовлена тим, що у будь-якому випадку має місце певна неточність визначення показників якості продукції, тобто завжди є сумнів у правильності прийняття рішення за результатами випробувань. Рішення про відповідність (невідповідність) виробу встановленим вимогам за певним показником якості приймають у тому разі, якщо різниця між дійсним і гранично допустимим значенням цього показника перевищує величину невизначеності (похибки) результату його визначення. В іншому випадку у протоколі випробувань звичайно роблять запис про те, що виріб, можливо, не відповідає встановленим вимогам за цим показником, а рішення щодо поводження з ним роблять за погодженням зі споживачем залежно від сфери застосування цього виробу.

Стандарти [5, 6] містять відомості про нормовані параметри випробувального обладнання (наприклад, місткість пінозбирачів, які використовуються для визначення кратності піни, розміри деталей генераторів піни, діаметр і висота бортів дек модельних вогнищ тощо), однак вимоги до точності засобів вимірювальної техніки відсутні. На відміну від них, національні стандарти [1, 2] встановлюють вимоги як до випробувального обладнання, так і до засобів вимірювальної техніки. Однак використання засобів вимірювальної техніки, що мають таку точність, яку вказано у стандартах, не завжди дає змогу визначити деякі показники якості з достатньою точністю.

Нормативними документами [1, 2] передбачено визначення ряду фізико-хімічних властивостей (густина, кінематична в'язкість, температура застигання), показників кратності і стійкості, а також вогнегасної ефективності піни, що утворюється з робочих розчинів піноутворювачів. Придатність піноутворювачів для приготування змочувальних розчинів оцінюють за показником змочувальної здатності 2% водного розчину, тобто за проміжком часу, необхідним для просочування ним фільтра з гідрофобної тканини, а також тривалістю гасіння модельного вогнища пожежі класу А і показником вогнегасної здатності за класом пожежі А (витратою змочувального розчину на гасіння одиниці його вільної поверхні). Плівкоутворювальні властивості робочих розчинів піноутворювачів оцінюють за величинами їх поверхневого натягу, міжфазового натягу на межі розділу "робочий розчин піноутворювача – циклогексан" і показника розтікання. Якщо поверхневий натяг пального (у даному випадку циклогексану) перевищує суму поверхневого натягу водного розчину піноутворювача та міжфазового натягу на межі його розділу з паливом, тобто показник

розтікання має додатне значення, то утворення водної плівки на поверхні можливе з точки зору термодинаміки.

Розроблення процедур розрахунку похибки та невизначеності на виконання вимог стандарту [4] надало можливість оцінити внесок окремих складових у розрахункове значення максимальної похибки (невизначеності) та визначити шляхи підвищення точності результатів випробувань і досліджень. Розроблення цих процедур здійснювали згідно з вимогами нормативних документів [7-10] залежно від специфіки методів визначення показників якості.

Так, наприклад, довірчі границі невилученої систематичної похибки (невизначеності за типом В) результатів випробувань з визначення водневого показника, температури застигання і густини (прямих вимірювань) залежать від точності вимірювальних приладів (рН-метра, термометра та ареометра відповідно). Тому підвищення точності приладу дає змогу збільшити точність результатів визначення цих показників якості. У деяких випадках використання приладів з цифровим індикатором замість приладів зі стрілочним індикатором дає змогу зменшити довірчі границі похибки результатів випробувань, оскільки у цьому випадку виключається похибка зчитування показів.

Підвищення точності секундоміра дасть змогу збільшити певною мірою точність результатів випробувань з визначення показника змочувальної здатності, однак у цьому разі більший внесок дають реакція оператора під час включення та виключення засобу вимірювальної техніки. Крім того, процес виливання досліджуваної проби у резервуар пристрою для визначення показника змочувальної здатності водних розчинів триває певний проміжок часу, протягом якого розпочинається процес змочування гідрофобної тканини водним розчином, у той час як оператор включає секундомір в момент закінчення виливання у резервуар пристрою досліджуваного розчину.

Довірчі границі невилученої систематичної похибки результатів випробувань з визначення масової частки осаду також залежать від точності ваг, їх за довірчої імовірності $P = 0,95$ розраховують за формулою

$$\theta_{M_{oc}}(P) = \pm 1,1 \cdot \frac{\theta_m(P)}{m_3 - m_2} \cdot \sqrt{1 + \frac{2 \cdot m_1^2 + m_2^2 + m_3^2 - 2 \cdot m_1 \cdot (m_2 + m_3)}{(m_3 - m_2)^2}}, \quad (1)$$

де $\theta_m(P)$ – довірчі границі невилученої систематичної похибки результату зважування;

m_1 – маса пробірки з осадом;

m_2 – маса порожньої пробірки;

m_3 – маса пробірки з пробєю піноутворювача.

Під час проведення випробувань з визначення масової частки осаду, згідно з вимогами стандартів [1, 2], використовують ваги з точністю зважування $\pm 0,01$ г. Як видно з формули (1), зменшення похибки результату визначення масової частки осаду може бути досягнуто завдяки використанню більш точного приладу.

Метод визначення поверхневого та міжфазового натягу ґрунтується на вимірюванні зусилля відриву кільця від межі розділу “робочий розчин піноутворювача – повітря” та “робочий розчин піноутворювача – циклогексан”, відповідно. Зусилля відриву кільця від межі розділу оцінюють за показами торсіонних вагів, ціна поділки яких, відповідно до стандарту [2], дорівнює 2 мґ.

Довірчі границі невилученої систематичної похибки $\theta_\sigma(P)$ результатів випробувань з визначення цих показників за довірчої імовірності $P = 0,95$ розраховують за формулою (2), максимальне значення невизначеності за типом В результатів випробувань – за формулою (3):

$$\theta_\sigma(P) = \pm 1,1 \cdot \sqrt{m^2 \cdot (\Delta_k(P))^2 + k^2 \cdot (\Delta_m(P))^2}, \quad (2)$$

де m – показ торсіонних вагів у момент відриву кільця від межі розділу;
 $\Delta_m(P)$ – похибка результату визначення зусилля відриву кільця від межі розділу;
 k – константа кільця, яку визначають під час калібрування торсіонних вагів;
 $\Delta_k(P)$ – похибка результату визначення константи кільця під час калібрування торсіонних вагів.

$$u_B(\sigma) = \pm \sqrt{m^2 \cdot (u_C(k))^2 + k^2 \cdot (u_B(m))^2}, \quad (3)$$

де m – показ торсіонних вагів у момент відриву кільця від межі розділу;
 $u_B(m)$ – невизначеність за типом В результату визначення зусилля відриву кільця від межі розділу;
 k – константа кільця, яку визначають під час калібрування торсіонних вагів;
 $u_C(k)$ – сумарна невизначеність результатів визначення константи кільця під час калібрування торсіонних вагів.

Під час проведення випробувань з використанням торсіонних вагів, ціна поділки яких дорівнює 2 мГ, максимальне значення похибки (невизначеності) результатів випробувань може досягати $\pm(0,5 \dots 0,7)$ мН/м. За таких умов можна зробити хибний висновок про наявність у піноутворювача плівкоутворювальних властивостей. Натомість це питання є дуже важливим під час прийняття рішення про придатність піноутворювача до застосування у системах протипожежного захисту резервуарів для зберігання нафти і нафтопродуктів, які передбачають гасіння піною низької кратності, зокрема, у системах “підшарового” гасіння. Невірне прийняття рішення про придатність піноутворювача до застосування у таких системах не дасть змогу погасити пожежу на початкових стадіях за допомогою стаціонарної установки пожежогасіння. Натомість невчасне гасіння пожежі у резервуарі може призвести до величезних втрат, знищення цінного технологічного обладнання, пожежної техніки, а також загибелі людей.

Використання більш точних торсіонних ваг дасть змогу визначити більш точно як зусилля відриву кільця від межі розділу (зменшити як значення $\Delta_m(P)$ чи $u_B(m)$), так і константу кільця під час калібрування приладу (зменшити значення $\Delta_k(P)$ чи $u_C(k)$), тобто підвищити точність результатів випробувань. Більш прийнятний шлях підвищення точності результатів цих випробувань – використання тензметра, тобто спеціального приладу для визначення поверхневого натягу – стримується через його високу вартість.

Метод визначення кінематичної в'язкості ґрунтується на вимірюванні проміжку часу, необхідного для протікання досліджуваної проби між мітками вертикально встановленого віскозиметра під впливом сили тяжіння. Кінематичну в'язкість розраховують за формулою (4), довірчі границі невилученої систематичної похибки її визначення за довірчої імовірності $P = 0,95$ – за формулою (5), максимальну невизначеність за типом В – за формулою (6):

$$\nu = C \cdot \tau, \quad (4)$$

де C – константа віскозиметра, яку визначають під час його повірки;
 τ – тривалість протікання проби між мітками віскозиметра.

$$\theta_\nu(P) = \pm 1,1 \cdot \sqrt{\tau^2 \cdot (\Delta_C(P))^2 + C^2 \cdot (\theta_\tau(P))^2}, \quad (5)$$

де τ – тривалість протікання проби між мітками віскозиметра;
 $\theta_\tau(P)$ – довірчі границі невилученої систематичної похибки результату визначення тривалості протікання проби між мітками віскозиметра;
 C – константа віскозиметра, яку визначають під час його повірки;
 $\Delta_C(P)$ – довірчі границі результату визначення константи віскозиметра під час повірки.

$$u_B(\nu) = \pm \sqrt{\tau^2 \cdot (u_C(C))^2 + C^2 \cdot (u_B(\tau))^2}, \quad (6)$$

- де τ – тривалість протікання проби між мітками віскозиметра;
 $u_B(\tau)$ – невизначеність за типом В результату визначення тривалості протікання проби між мітками віскозиметра;
 C – константа віскозиметра, яку визначають під час його повірки;
 $u_C(C)$ – сумарна невизначеність результату визначення константи віскозиметра.

Неточність результату визначення тривалості протікання проби між мітками віскозиметра зумовлена дією декількох факторів, зокрема, похибкою секундоміра, похибкою зчитування його показів, реакцією оператора під час його включення та виключення, а також точністю підтримання температури проби (точніше, температури води у термостаті). Як показує практика, спінювання досліджуваної рідини і, як наслідок, утворення пінної “шапки” над рідиною, яка тече крізь капіляр віскозиметра, іноді суттєво спотворює результати випробувань. Крім того, тривалість протікання проби між мітками віскозиметра залежить від правильності його встановлення, тобто відхилення його осі від вертикалі. Тому у цьому разі для підвищення точності результатів випробувань необхідно насамперед вживати заходів щодо забезпечення вертикального розташування віскозиметра у бані з водою, що надходить з термостата. Цього можна досягти використанням приладів, які дають змогу вимірювати відхилення від вертикалі. Слід також зменшувати спінювання проби чи видаляти піну.

Точність результатів випробувань з визначення показників кратності і стійкості піни низької, середньої та високої кратності (непрямих вимірювань) залежить від точності декількох приладів (вагів, мірного циліндра, секундоміра), а також точності результатів визначення дійсного об’єму пінозбирачів, які використовуються для випробувань, під час атестації випробувального обладнання. Так, наприклад, довірчі границі невилученої систематичної похибки результату визначення кратності піни низької кратності за довірчої імовірності $P = 0,95$ розраховують за формулою

$$\theta_K(P) = \pm 1,1 \cdot \frac{1}{m_1 - m_2} \sqrt{\rho_p^2 \cdot (\Delta_{V_n}(P))^2 + V_n^2 \cdot (\Delta_\rho(P))^2 + 2 \cdot \left(\frac{V_n \cdot \rho_p}{(m_1 - m_2)^2} \right)^2 \cdot (\theta_m(P))^2}, \quad (7)$$

- де m_1 – сумарна маса підставки, циліндра і пінозбирача, заповненого піною;
 m_2 – сумарна маса підставки, циліндра і порожнього пінозбирача;
 $\theta_m(P)$ – довірчі границі невилученої систематичної похибки результату зважування;
 ρ_p – густина робочого розчину піноутворювача, яку приймають такою, що дорівнює густині води;
 $\Delta_\rho(P)$ – довірчі границі похибки результату визначення густини робочого розчину піноутворювача, які приймають такими, що дорівнюють $\pm 5\%$ від значення його густини (насправді цей показник не визначають);
 V_n – об’єм піни, який приймають таким, що дорівнює внутрішньому об’єму пінозбирача;
 Δ_{V_n} – довірчі границі похибки результату визначення об’єму піни, які приймають такими, що дорівнюють довірчим границям похибки визначення об’єму пінозбирача ($\pm 5\%$ від його об’єму).

Довірчі границі невилученої систематичної похибки результатів випробувань з визначення показника стійкості піни низької кратності за довірчої імовірності $P = 0,95$ розраховують за формулою

$$\theta_{\tau_{1/4}}(P) = \pm 1,1 \cdot \sqrt{(\theta_1(P))^2 + (\theta_2(P))^2}, \quad (8)$$

- де $\theta_1(P)$ – довірчі границі невилученої систематичної похибки результату визначення тривалості витікання з піни 25% від об’єму водного розчину піноутворювача, витраченого на її одержання;

$\theta_2(P)$ – довірчі границі невилученої систематичної похибки, зумовленої неточністю визначення об'єму водного розчину піноутворювача за допомогою циліндра.

Довірчі границі невилученої систематичної похибки, зумовленої неточністю визначення за допомогою циліндра 25% від об'єму водного розчину піноутворювача, витраченого на одержання піни, за довірчої імовірності $P = 0,95$ розраховують за формулою

$$\theta_2(P) = \pm 1,1 \cdot \frac{\sqrt{(\theta_{21}(P))^2 + (\theta_{22}(P))^2}}{V_v}, \quad (9)$$

де $\theta_{21}(P)$ – довірчі границі невилученої систематичної похибки результату визначення, об'єму рідини, що дорівнює 25% від об'єму робочого розчину, витраченого на одержання піни, яка знаходиться у пінозбирачі;

$\theta_{22}(P)$ – довірчі границі невилученої систематичної похибки результату вимірювання об'єму водного розчину піноутворювача за допомогою циліндра;

V_v – середня швидкість витікання водного розчину піноутворювача з піни.

Середню швидкість витікання водного розчину з піни розраховують за формулою

$$V_v = \frac{V}{\tau}, \quad (10)$$

де V – об'єм водного розчину піноутворювача, що дорівнює 25% від об'єму робочого розчину, витраченого на одержання піни;

τ – проміжок часу, за який з піни виділився об'єм водного розчину V .

Об'єм рідини, що дорівнює 25% від об'єму водного розчину піноутворювача, витраченого на одержання піни, розраховують за формулою

$$V = \frac{1}{4} \cdot \frac{m_1 - m_2}{\rho_p}, \quad (11)$$

де m_1 – сумарна маса рами, циліндра і пінозбирача з піною;

m_2 – сумарна маса рами, циліндра і порожнього пінозбирача;

ρ_p – густина водного розчину піноутворювача.

З урахуванням цього довірчі границі невилученої систематичної похибки результату визначення об'єму рідини, що рівний 25% від об'єму водного розчину піноутворювача, витраченого на одержання піни, за довірчої імовірності $P = 0,95$ розраховують за формулою

$$\theta_{21}(P) = \pm \frac{1,1}{4} \cdot \sqrt{2 \cdot \left(\frac{1}{\rho_p}\right)^2 \cdot (\theta_m(P))^2 + \left(\frac{m_1 - m_2}{\rho_p^2}\right)^2 \cdot (\theta_{\rho_p}(P))^2}. \quad (12)$$

Довірчі границі невилученої систематичної похибки результату вимірювання об'єму водного розчину піноутворювача за допомогою циліндра за довірчої імовірності $P = 0,95$ розраховують за формулою

$$\theta_{22}(P) = \pm 1,1 \cdot \sqrt{(\theta(P))^2 + (\theta_1(P))^2}, \quad (13)$$

де $\theta(P)$ – довірчі границі допустимої похибки циліндра, що дорівнюють ціні його поділки;

$\theta_1(P)$ – довірчі границі допустимої похибки зчитування показів циліндра, що дорівнюють половині ціни його поділки.

Для прикладу розрахуємо похибку результату визначення показників кратності і стійкості піни низької кратності.

Під час випробувань з визначення кратності і стійкості піни низької кратності, що утворюється з робочого розчину зразка одного з піноутворювачів спеціального призначення, було отримано такі результати:

№ дослідю	m_1 , кг	m_2 , кг	Кратність піни	Показник стійкості піни $\tau_{1/4}$, с
1	0,785	0,590	8,2	164,6
2	0,780	0,590	8,4	168,4
3	0,790	0,595	8,2	165,0

Здійснивши відповідні розрахунки, матимемо: для дослідю №1 $\theta_K(P) = \pm 2,0$; для дослідю №2 $\theta_K(P) = \pm 2,2$ с; для дослідю №3 $\theta_K(P) = \pm 2,4$ с. Для дослідю №1 $\theta_{\tau_{1/4}}(P) = \pm 25,8$ с; для дослідю №2 $\theta_{\tau_{1/4}}(P) = \pm 26,0$ с; для дослідю №3 $\theta_{\tau_{1/4}}(P) = \pm 25,1$ с. Здійснивши обробку результатів методами математичної статистики, дістанемо: $\Delta_K(P) = \pm 2,4$ с, $\Delta_{\tau_{1/4}}(P) = \pm 26,0$ с.

Легко переконатись, що довірчі границі похибки результату визначення кратності піни низької кратності знаходяться в межах $\pm 29\%$ від середнього арифметичного значення результатів випробувань з визначення цього показника. Розрахункове значення довірчих границь результату визначення показника стійкості піни низької кратності знаходяться в межах $\pm 16\%$ від середнього арифметичного значення результатів випробувань. За таких величин похибки можливі складності під час прийняття рішень про відповідність показників кратності і стійкості піни низької кратності вимогам нормативних документів на піноутворювач. Натомість заміна вагів з точністю зважування ± 5 г на ваги з точністю зважування ± 1 г дає змогу зменшити похибку результатів визначення кратності піни удвічі. Одночасна заміна циліндра з похибкою визначення об'єму ± 10 см³ на циліндр з похибкою визначення об'єму ± 1 см³ дає змогу зменшити значення похибки результату визначення показника стійкості піни низької кратності приблизно учетверо.

Під час випробувань з визначення показників вогнегасної здатності за класами пожежі А і В (підкласи В1, В2) визначають кількість вогнегасної речовини, витраченої на гасіння одиниці вільної поверхні модельного вогнища пожежі. Показник вогнегасної здатності розраховують за формулою

$$Q = \frac{m_1 - m_2}{S}, \quad (14)$$

де m_1 – маса корпусу випробувального приладу типу вогнегасника з водним розчином піноутворювача до гасіння;

m_2 – маса корпусу випробувального приладу типу вогнегасника з водним розчином піноутворювача після гасіння;

S – площа вільної поверхні модельного вогнища пожежі.

З цієї формули видно, що для зменшення похибки (невизначеності) результату визначення показника вогнегасної здатності необхідно вживати заходів щодо підвищення точності результатів визначення маси вогнегасної речовини, витраченої на гасіння, а також забезпечувати збільшення точності розрахунку площі вільної поверхні модельного вогнища пожежі.

Відповідно до положень стандартів [1, 2], гасіння модельних вогнищ пожежі проводять три рази, а якщо під час перших двох дослідів отримано позитивні результати – тільки 2 рази. Тому розрахунок похибки та невизначеності результатів випробувань з визначення тривалості гасіння і показника вогнегасної здатності проводиться як для випадку однократних вимірювань. За величиною показника вогнегасної здатності можна порівнювати ефективність різних вогнегасних речовин одного класу, наприклад, ефективність піноутворювачів загального призначення різних марок. Оскільки допустиме розходження між результатами паралельних дослідів рівне 15% відносно середнього арифметичного значення, робити висновки про порівняльну ефективність вогнегасних речовин за результатами лише двох паралельних дослідів можна не завжди. У такому разі необхідно збільшувати кількість дослідів, що призведе до значного підвищення їх вартості. Виходячи з цього можна зробити висновок, що для порівняння ефективності вогнегасних речовин і, що

найбільш важливо, витрат на протипожежний захист окремого об'єкта у разі їх застосування, необхідно проводити порівняння ряду їх показників (здійснювати комплексну оцінку). Натомість під час випробувань необхідно перш за все пересвідчитись, що забезпечується гасіння модельного вогнища пожежі у проміжок часу, що не перевищує гранично допустимого значення.

Вогнегасну ефективність піни, що утворюється з робочих розчинів піноутворювачів, можна порівнювати також за величиною критичної інтенсивності подавання їх робочих розчинів. За величиною критичної інтенсивності подавання робочого розчину піноутворювача у разі гасіння певної речовини чи матеріалу розраховують величину нормативної інтенсивності його подавання. Нормативну інтенсивність подавання вогнегасної речовини визначають з таким розрахунком, щоб забезпечити гарантоване гасіння пожежі з мінімальними витратами вогнегасної речовини. Зокрема, нормативну інтенсивність подавання робочих розчинів піноутворювачів загального призначення у разі гасіння неполярних (водонерозчинних) горючих рідин піною середньої кратності, відповідно до [11, 12], розраховують за формулою

$$I_{\text{норм}} = 2,3 \cdot I_{\text{кр}}, \quad (15)$$

де $I_{\text{кр}}$ – критична інтенсивність подавання робочого розчину піноутворювача.

Критична інтенсивність подавання вогнегасної речовини – це мінімальна інтенсивність її подавання, що забезпечує гасіння модельного (макетного) вогнища пожежі у проміжок часу, зумовлений умовами випробувань. Так, наприклад, критичну інтенсивність подавання робочого розчину піноутворювача у разі гасіння піною середньої кратності визначають як середнє арифметичне між значеннями мінімальної інтенсивності подавання робочого розчину, за якого настає гасіння макетного вогнища пожежі, та максимальної інтенсивності його подавання, за якої гасіння не настає або досягається за проміжок часу, який перевищує 300 с. Під час проведення досліджень та випробувань згідно з методиками [13] і [14] фіксують витрату вогнегасної речовини та змінюють площу макетних вогнищ пожежі, що являють собою металеві циліндричні дека, у які заливають пальне з таким розрахунком, щоб висота його шару дорівнювала (20 ± 1) мм і (30 ± 1) мм, відповідно.

Інтенсивність подавання робочого розчину піноутворювача під час гасіння макетного вогнища пожежі розраховують за формулою (16), а критичну інтенсивність подавання робочого розчину – за формулою (17).

$$I = \frac{q}{S} = \frac{4}{\pi} \cdot \frac{q}{d^2}, \quad (16)$$

де q – витрата робочого розчину;

S – площа поверхні макетного вогнища пожежі;

d – діаметр макетного вогнища пожежі.

$$I_{\text{кр}} = \frac{I_1 + I_2}{2} = 0,637 \cdot q \cdot \left(\frac{1}{d_1^2} + \frac{1}{d_2^2} \right), \quad (17)$$

де I_1 – інтенсивність подавання робочого розчину, за якої гасіння макетного вогнища пожежі досягається за проміжок часу, що не перевищує 300 с;

I_2 – інтенсивність подавання робочого розчину, за якої гасіння макетного вогнища пожежі не настає чи досягається за проміжок часу, що перевищує 300 с;

d_1 – діаметр макетного вогнища пожежі, гасіння якого досягається за проміжок часу, що не перевищує 300 с;

d_2 – діаметр макетного вогнища пожежі, гасіння якого настає за проміжок часу, що перевищує 300 с, або не досягається.

Довірчі границі невилученої систематичної похибки результату визначення критичної інтенсивності подавання робочого розчину піноутворювача у разі гасіння піною середньої

кратності розраховують за формулою

$$\theta_{I_{\text{сп}}}(P) = \pm \frac{0,7}{d_1^2 \cdot d_2^2} \cdot \sqrt{(d_1^2 + d_2^2)^2 \cdot (\Delta_q(P))^2 + \frac{4 \cdot q^2}{d_1^2 \cdot d_2^2} \cdot ((\Delta_{d_2}(P))^2 \cdot d_1^6 + (\Delta_{d_1}(P))^2 \cdot d_2^6)}. \quad (18)$$

Як видно з формули (18), з метою більш точного визначення критичної інтенсивності подавання робочого розчину піноутворювача і, відповідно, більш коректного розрахунку нормативної інтенсивності його подавання, необхідно зменшувати довірчі границі похибок визначення діаметра макетних вогнищ пожежі, які використовуються для досліджень ($\theta_{d_1}(P)$ і $\theta_{d_2}(P)$), а також знижувати величину $\theta_q(P)$. Величини $\theta_{d_1}(P)$ і $\theta_{d_2}(P)$ можна знизити завдяки більш акуратному виготовленню дек (наближенню їх форми до циліндричної) та підвищенню точності вимірювання їх діаметра, а величину $\theta_q(P)$ – завдяки більш точному регулюванню витрати робочого розчину піноутворювача під час проведення досліду. Цього можна досягти заміною ручного регулювання витрати за допомогою голчастого вентиля з контролюванням за показами ротаметра на автоматичне регулювання з використанням автоматичного витратоміра.

Розрахунок похибки результатів випробувань з визначення показника вогнегасної здатності за класом пожежі А викликає значні проблеми. Так, згідно зі стандартами [1, 2], площу вільної поверхні модельного вогнища пожежі 2А під час розрахунків приймають рівною 9,2 м².

Модельне вогнище пожежі 2А (рис. 1) являє собою штабель із 112 дерев'яних брусків, укладених у 16 шарів по 7 брусків у кожному. Поперечний переріз брусків є квадратом зі стороною (40,2) мм і довжиною (635,2) мм. Для виготовлення модельних вогнищ використовують заготовки з деревини сосни звичайної з вологістю від 10% до 14%. Бруски, що утворюють поверхневі грані штабеля, для міцності можуть закріплюватися скобами чи цвяхами. Штабель розмішують на двох сталевих кутах, що встановлені на бетонних блоках або жорстких металевих стояках таким чином, щоб відстань від основи штабеля до землі (платформи) дорівнювала (400±10) мм. Бруски кожного наступного шару кладуть перпендикулярно до брусків попереднього, таким чином, щоб утворювалися канали прямокутного перерізу в усьому об'ємі.

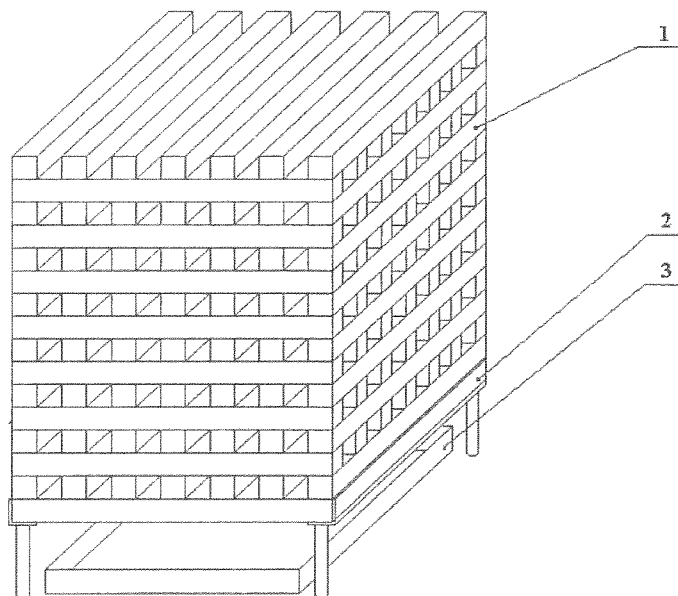


Рис. 1. Загальний вигляд модельного вогнища пожежі 2А:
1 – штабель з дерев'яних брусків; 2 – опори; 3 – деко для підпалювання штабеля

Зміна значень довжини брусків і сторін поперечного перерізу призводить до певної зміни величини вільної поверхні модельного вогнища пожежі. Площа вільної поверхні модельного вогнища насправді більша за значення, розраховане на підставі геометричних параметрів брусків, через шорсткість їх поверхні, а також наявність численних нещільностей у місцях стику брусків. Під час горіння модельного вогнища пожежі площа вільної поверхні змінюється. З одного боку, під час згорання деревини зменшується переріз і, як наслідок, уявна геометрична площа поверхні брусків, з іншого боку площа поверхні зростає через високу пористість вуглин, які утворюються під час горіння, збільшується також нещільність у місцях стикування брусків. Тому оцінити значення вільної поверхні модельного вогнища пожежі 2А у момент початку його гасіння змочувальним розчином практично неможливо. З цієї причини об'єктивно оцінити похибку результатів визначення показника вогнегасної здатності за класом пожежі А дуже важко. Досвід досліджень та випробувань змочувальних розчинів піноутворювачів та інших водних вогнегасних речовин показує, що результат випробувань залежить насамперед від кваліфікації оператора. Порівнювати вогнегасну ефективність водних вогнегасних речовин (зокрема, змочувальних розчинів піноутворювачів) найбільш доцільно під час гасіння інших матеріалів органічного походження, перш за все таких, що мають високу пористість і які найважче змочуються (вата, торф і т. ін.).

Використання більш точних приладів може забезпечити можливість прийняття обґрунтованого рішення про відповідність показників якості встановленим вимогам у тому разі, якщо похибка (невизначеність) результату випробувань перевищує розходження між гранично допустимим і визначеним за результатами випробувань значеннями цього показника, і уникнути прийняття хибних рішень, що стосуються протипожежного захисту об'єктів різного призначення. Аналогічно, під час проведення арбітражних випробувань доцільно використовувати більш точні прилади, ніж регламентовані нормативними документами.

Результати, отримані під час розроблення процедур розрахунку похибки та невизначеності результатів випробувань з визначення показників якості піноутворювачів, передбачається використати також під час досліджень щодо внесення змін і доповнень до стандартів [1] і [2], а також стандартів, гармонізованих з [5] або [6].

ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ 3789-98 Піноутворювачі загального призначення для гасіння пожеж. Загальні технічні вимоги і методи випробувань.
2. ДСТУ 4041-2001 Піноутворювачі спеціального призначення, що використовуються для гасіння пожеж водонерозчинних і водорозчинних горючих рідин. Загальні технічні вимоги і методи випробувань.
3. ДСТУ 3412-96 Система сертифікації УкрСЕПРО. Вимоги до випробувальних лабораторій.
4. ДСТУ ISO/IEC 17025-2001 Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій.
5. ISO 7203:1994 Fire extinguishing substances – Foam concentrates.
6. EN 1568:2001 Fire extinguishing substances – Foam concentrates.
7. ГОСТ 8.207-76 Государственная система обеспечения единства измерений. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений. Основные положения.
8. МИ 1552-86 Государственная система обеспечения единства измерений. Измерения прямые однократные. Оценивание погрешностей результатов измерений. Методические указания.

9. МИ 2083-90 Государственная система обеспечения единства измерений. Измерения косвенные. Определение результатов измерений и оценивание их погрешностей. Рекомендация.

10. РМГ 43-2001 Государственная система обеспечения единства измерений. Рекомендации по межгосударственной стандартизации. Применение "Руководства по выражению неопределенности измерений".

11. Казаков М.В., Петров И.И., Реутт В.Ч. Средства и способы тушения пламени горючих жидкостей. – М.: Стройиздат, 1977. – 112 с.

12. Шароварников А.Ф. Противопожарные пены. Состав, свойства, применение. – М.: Знак, 2000. – 464 с.

13. Методика визначення тривалості гасіння і критичної інтенсивності подавання робочого розчину піноутворювача для піни середньої кратності при гасінні горючих рідин №2000/2-ПУ-10 УкрНДІПБ МНС України.

14. Методика визначення тривалості гасіння і критичної інтенсивності подавання робочих розчинів плівкоутворювальних піноутворювачів спеціального призначення у разі гасіння горючих рідин піною низької кратності №64 УкрНДІПБ МНС України.

УДК 614.8

А.А. Мичко, д.т.н., професор, М.М. Клим'юк (Львівський державний університет безпеки життєдіяльності)

РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ПРОЦЕСУ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ ЧЕРЕЗ ТОВЩИНУ МАТЕРІАЛУ ДЛЯ СПЕЦВЗУТТЯ ПОЖЕЖНИКІВ

На основі аналізу існуючих підходів до побудови математичних моделей процесу теплопередачі, запропоновано математичну модель процесу передачі тепла через товщину матеріалу з врахуванням одного виду теплообміну, а саме теплопровідності. Введено поняття „критична температура”, яка дає можливість розрахувати коефіцієнт термозахисту для захисних матеріалів спецвзуття пожежників.

Під час ліквідації пожеж та аварій рятувальникам доводиться працювати у екстремальних умовах: під дією високих температур, агресивного середовища, проникаючої радіації, значних фізичних і механічних навантажень тощо.

Це вимагає використання відповідних захисних засобів, зокрема одягу і взуття здатних довготривало протистояти переліченим факторам. Досвід роботи в умовах руйнівних середовищ показує, що неможливо підібрати універсальний захисний матеріал, тому при підборі орієнтуються лише на здатність витримувати дію найсуттєвіших факторів, а саме високих температур та агресивного середовища. Виходячи з цієї умови і орієнтуючись на результати експериментів, можна зробити висновок, що найоптимальніше в даному випадку брати двошаровий матеріал. Але моделювання всіх процесів, які одночасно відбуваються у матеріалі під дією високих температур і агресивного середовища є дуже складною задачею, тому доцільно сформулювати лише модель процесу теплопередачі через товщину даного матеріалу, оскільки фактор температури є переважаючий.

Мета даної роботи – розробити математичну модель теплопередачі через товщину матеріалу спецвзуття пожежного.