

*О.В. Тарахно, к.т.н., доцент, нач. кафедри, НУЦЗУ,  
В.М. Сирих, к.т.н., доцент, НУЦЗУ,  
Р.В. Тарахно, ст. експерт, УМВС України на зал. транспорті*

## **ЕКСПЕРТНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВЕРСІЇ ВИНИКНЕННЯ ПОЖЕЖІ ВНАСЛІДОК ХІМІЧНОГО САМОЗАЙМАННЯ**

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

Наводяться основні положення методики експертного дослідження версії виникнення пожежі внаслідок хімічного самозаймання при проведенні пожежно-технічних експертиз.

**Ключові слова:** пожежно-технічна експертиза, хімічне самозаймання, температура зони реакції.

**Постановка проблеми.** Одним із чинників, що обумовлює небезпеку об'єктів, на яких обертаються, переробляються, зберігаються речовини і матеріали, здатні при контакті з водою (вологою), киснем повітря та іншими окисниками вибухати і горіти, є можливість виникнення пожеж (вибухів) внаслідок хімічного самозаймання. Практика дослідження пожеж показує, що за останні роки у нашій країні зросла кількість підпалів із застосуванням нетрадиційних ініціаторів горіння, у якості яких застосовуються хімічні речовини здатні до самозаймання. Однак, офіційна статистика пожеж як в Україні, так і в інших країнах світу, не відображає кількості пожеж, які виникли внаслідок хімічного самозаймання. Це пояснюється тим, що розслідування та експертне дослідження таких пожеж, потребують відповідної спеціальної підготовки. На жаль більшість слідчих, а іноді і пожежно-технічних експертів, такої підготовки не мають, що негативно впливає на результат встановлення причини виникнення пожежі.

Існуюча в Україні нормативно-методична база дослідження пожеж [1], [2] не містить повноцінної методики, відповідно до якої можливе дослідження версії виникнення пожежі внаслідок хімічного самозаймання. Це пояснює той факт, що пожежі, в осередках яких є сліди речовин, здатних до хімічного самозаймання, не розслідуються, а сам факт пожежі "списується" на технічні причини або "необережне поводження з вогнем" [3]. У зв'язку з чим, стає актуальною задача визначення основних положень такої методики, застосування якої дозволить при експертному дослідженні пожежі підтвердити або спростувати версію її виникнення внаслідок хімічного самозаймання.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Рекомендації щодо визначення причини пожежі від хімічного самозаймання, які наведені у спеціальній літературі [1]-[3], не можливо віднести до цілісної мето-

дики експертного дослідження версії виникнення пожежі внаслідок вказаного явища. У роботах [4], [5] наводяться загальні теоретичні положення теплового, хімічного та мікробіологічного самозаймання речовин та матеріалів. Прикладне застосування теоретичних положень процесу самозаймання речовин та матеріалів знайшло в роботах [3], [5]. Зокрема, наводиться докладний перелік речовин та матеріалів, які здатні до хімічного самозаймання, а також застосування деяких речовин як ініціаторів горіння при підпалах. Проте, в наведених вище роботах цілісна методика експертного дослідження версії виникнення пожежі внаслідок хімічного самозаймання не розглядається. Загальна методика встановлення причин пожеж [1], яка затверджена МЮ України і застосовується в експертних підрозділах різних міністерств, не вирішує дану проблему.

**Постановка задачі та її розв'язання.** Пріоритетною задачею даної роботи є розробка основних положень методики експертного дослідження версії виникнення пожежі внаслідок хімічного самозаймання. Функціональна структура такої методики передбачає наявність аналітичної, розрахункової та експериментальної компоненти, аналогічно структурі методики дослідження версії виникнення пожежі внаслідок теплового самозаймання [6]. Під час аналізу обставин виникнення пожежі внаслідок хімічного самозаймання, на відміну від методики, запропонованої в роботі [6], необхідно додатково розглядати обставини штучного внесення в зону горіння речовин, здатних до хімічного самозаймання.

В аналітичній складовій методики необхідно визначити номенклатуру та кількість речовин і матеріалів, що знаходилися в осередку пожежі; параметри, які характеризують пожежну небезпеку цих матеріалів (температури самоспалахування, тління, тепловий ефект реакції окислення, здатність вступати в реакцію з окисниками, водою та іншими речовинами); просторове розташування матеріалу; температуру середовища; час, протягом якого місце, де виникла пожежа, знаходилося без нагляду, а також час виявлення ознак горіння; факти виникнення пожежі внаслідок хімічного самозаймання на даному та подібних об'єктах, а також можливість застосування виявлених в осередку пожежі речовин та матеріалів у якості ініціаторів горіння.

Експериментальна частина методики застосовується у разі необхідності виявлення нетрадиційних ініціаторів горіння на місці пожежі. При цьому необхідно пам'ятати, що запалюючу суміш потрібно шукати за слідами сильних окисників, які входять до її складу. Але речовини, які застосовуються для ініціювання горіння при підпалі, у результаті пожежі в більшості випадків змінюють свій вихідний стан, утворюючи нові сполуки. Це виникає внаслідок хімічної взаємодії окисника з горючими речовинами й термічної деструкції під впливом

високої температури під час пожежі. Проте, на місці пожежі, можливе виявлення залишків ініціатора горіння й у початковій формі, оскільки на практиці рідко вдається виготовити суміш пального й окисника з із дотриманням стехіометричних концентрацій компонентів.

Польовий метод виявлення сильних окисників заснований на хімічній взаємодії окисно-відновних індикаторів із залишками ініціатора горіння, який не прореагував, при цьому проходить зміна фарбування індикатора за рахунок проходження окисно-відновних реакцій між окисником і індикатором [3]. Техніка польового визначення компонентів спеціальних сполук полягає в експресному тестуванні сильних окисників на поверхні предметів і матеріалів, що підверглися термічному впливу пожежі, і розрахована на виявлення й часткову діагностику деяких окисників, які можуть бути використані як підпалювачі. Найпоширенішими окисниками є солі кисневмісних кислот такі як нітрати, хлорати й перхлорати, перманганати, хромати й біхромати.

Реактивні індикаторні засоби (РІЗ) можуть застосовуватися у вигляді реактивних індикаторних розчинів дифеніламіну або дифеніламіносультфонату натрію в сірчаній кислоті або у вигляді реактивного індикаторного паперу на основі о-діанізидіну й бензидіну. За наявності в осередку пожежі залишків сильних окисників проявляється характерне забарвлення індикаторного засобу. Експресне тестування РІЗ дозволяє визначити не тільки наявність, але і місце локалізації і групу ініціаторів горіння, які застосовувалися.

Визначення кількісних параметрів, які характеризують процес хімічного самозаймання, виконується відповідно до положень розрахункової складової методики. При цьому передбачається розрахунок температури, до якої можуть нагрітися речовини та матеріали внаслідок протікання певних екзотермічних хімічних реакцій. Для цього необхідно:

1. Виходячи з рівняння реакції і маси реагуючої речовини, визначити масу компонентів (наприклад, води), що вступають у реакцію, і масу продуктів реакції, що утворюються внаслідок цієї реакції, із пропорцій:

$$m_k = \mu_k n_k \frac{m_p}{\mu_p}; \quad m_{пр} = \mu_{пр} n_{пр} \frac{m_p}{\mu_p},$$

де  $\mu_p$ ,  $\mu_k$ ,  $\mu_{пр}$  – відповідно молярна маса реагуючої речовини, компонентів, що вступають у реакцію, та продуктів реакції;  $m_p$ ,  $m_k$ ,  $m_{пр}$  – відповідно початкова маса реагуючої речовини, компонентів, що вступають у реакцію, та продуктів реакції;  $n_p$ ,  $n_k$ ,  $n_{пр}$  – відповідно число молів реагуючої речовини, компонентів, що вступають у реакцію, та продуктів реакції.

2. Розрахувати складові теплового балансу реакції із припущен-

ня, що теплота реакції  $Q_{\Sigma xp}$  витрачається на нагрівання і часткове випаровування компонентів, що вступають у реакцію (наприклад, води  $Q_{H_2O}$  за умови самозаймання речовин при контакті з водою), нагрівання негорючих конденсованих  $Q_{\text{конд. пр}}$  та газоподібних продуктів реакції  $Q_{\text{газ. пр}}$ , нагрівання горючих газів, що утворилися під час реакції,  $Q_{\text{гг}}$  та тепловтрати в навколишнє середовище  $Q_{\text{втр}}$ :

$$Q_{\Sigma xp} = Q_{H_2O} + Q_{\text{конд. пр}} + Q_{\text{газ. пр}} + Q_{\text{гг}} + Q_{\text{втр}}$$

Якщо вихідний матеріал представляє собою суміш декількох речовин, стандартні теплоти окремих реакцій для складових вихідного матеріалу помножуємо на мольні частки кожної складової:

$$Q_{\Sigma \delta \delta} = \sum_i Q_{xp_i} \frac{m_{p_i}}{\mu_{p_i}},$$

де  $Q_{\Sigma xp}$  – сумарна кількість тепла, що виділяється під час реакції вихідного матеріалу з окисником;  $Q_{xp_i}$  – стандартний тепловий ефект реакції  $i$ -го компонента вихідного матеріалу з окисником;  $m_{p_i}$  – маса  $i$ -го компонента вихідного матеріалу;  $\mu_{p_i}$  – молярна маса  $i$ -го компонента вихідного матеріалу.

Розрахувати кількість тепла, що витрачається на нагрівання компонентів, що вступають у реакцію, та продуктів реакції.

Приймаємо, що під час хімічного самозаймання при контакті з водою уся вода нагрівається від початкової температури  $T_{\text{поч}}$  до температури кипіння  $T_{\text{кип}}$ , а 50 % води випаровується, тоді:

$$Q_{H_2O} = m_{H_2O} c_{pH_2O} (T_{\text{кип}} - T_{\text{поч}}) + 0,5 \cdot m_{H_2O} \Delta H_{\text{вип}},$$

де  $c_{pH_2O}$  – питома масова теплоємність води за сталого тиску;  $\Delta H_{\text{вип}}$  – масова теплота випаровування води.

При утворенні горючих газів виходимо з імовірності їх самоспалахування, тобто припускаємо, що горючі гази нагріваються від початкової температури до температури їх самоспалахування  $T_{\text{сс}}$ :

$$Q_{\text{гг}} = m_{\text{гг}} \cdot c_{p \text{ гг}} (T_{\text{сс}} - T_{\text{поч}}),$$

де  $c_{p \text{ гг}}$  – питома масова теплоємність горючих газів, що утворюються, за сталого тиску.

Негорючі продукти реакції (конденсовані чи газоподібні) нагріваються від початкової температури до температури зони реакції  $T_{\text{зр}}$ :

$$Q_{\text{конд. пр}} = m_{\text{конд. пр}} c_{p \text{ конд. пр}} (T_{\text{зр}} - T_{\text{поч}});$$

$$Q_{\text{газ. пр}} = m_{\text{газ. пр}} c_{p \text{ газ. пр}} (T_{\text{зр}} - T_{\text{поч}}),$$

де  $c_{p \text{ конд. пр}}$  – питома масова теплоємність конденсованого продукту реакції за сталого тиску;  $c_{p \text{ газ. пр}}$  – питома масова теплоємність негорючого газоподібного продукту реакції за сталого тиску.

Приймаємо, що тепловтрати в навколишнє середовище відбуваються за рахунок конвекційного теплообміну, на який витрачається 10 % від сумарної теплоти реакції.

### 3. Розрахувати температуру зони реакції.

Оскільки температура зони реакції не відома, спочатку з теплового балансу знаходимо кількість тепла, що витрачається на нагрівання негорючих продуктів реакції:

- за умови утворення тільки конденсованих негорючих продуктів:

$$Q_{\text{конд. пр}} = Q_{\Sigma \text{хр}} - (Q_{\text{H}_2\text{O}} + Q_{\text{гг}} + Q_{\text{втр}});$$

- за умови утворення негорючих продуктів і негорючих газів:

$$Q_{\text{конд. пр}} + Q_{\text{газ. пр}} = Q_{\Sigma \text{хр}} - (Q_{\text{H}_2\text{O}} + Q_{\text{гг}} + Q_{\text{втр}}).$$

Температуру зони реакції знаходимо за теплою, до якої нагріваються продукти реакції, за формулами:

- за умови утворення тільки конденсованих негорючих продуктів:

$$T_{\text{зр}} = T_{\text{поч}} + \frac{Q_{\Sigma \text{хр}} - (Q_{\text{H}_2\text{O}} + Q_{\text{гг}} + Q_{\text{втр}})}{m_{\text{конд. пр}} c_{p \text{ конд. пр}}};$$

- за умови утворення негорючих продуктів і негорючих газів:

$$T_{\text{зр}} = T_{\text{поч}} + \frac{Q_{\Sigma \text{хр}} - (Q_{\text{H}_2\text{O}} + Q_{\text{гг}} + Q_{\text{втр}})}{m_{\text{конд. пр}} c_{p \text{ конд. пр}} + m_{\text{газ. пр}} c_{p \text{ газ. пр}}}.$$

Якщо розраховане значення температури зони реакції перевищує критичні значення (температуру самоспалахування для газоподібних продуктів реакції або температуру тління для твердих матеріалів), можна припустити, що за умов, визначених в аналітичній частині методики, самозаймання може служити тепловим імпульсом достатньої потужності для виникнення пожежі.

**Висновок.** Впровадження в експертну практику вищенаведених положень методики дослідження версії виникнення пожежі внаслідок хімічного самозаймання речовин і матеріалів надає експерту можли-

вість провести всебічний аналіз обставини початку та поширення горіння, застосувати розрахунковий метод дослідження, за результатами яких підтвердити або спростувати версію виникнення пожежі від вищенаведеного явища.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Мегорский Б.В. Методика установления причин пожаров / Мегорский Б.В. – М.: Стройиздат, 1966. – 348 с.
2. Федотов А.И. Пожарно-техническая экспертиза / Федотов А.И., Ливчиков А.П., Ульянов Л.Н. – М.: Стройиздат, 1986. – 271с.
3. Чешко И.Д. Техническое обеспечение расследования поджогов с применением инициаторов горения / Чешко И.Д. – СПб.: СПБИПБ МВД России. 2002. – 131 с.
4. Таубкин С.И. Пожар и взрыв, особенности их экспертизы / Таубкин С.И. – М.: – 1999. – 600 с.
5. Саушев В.Г. Пожарная безопасность хранения химических веществ / Саушев В.Г. – М.: Стройиздат, 1982. – 72 с.
6. Сирих В.М. Експертне дослідження версії виникнення пожежі внаслідок теплового самозаймання на об'єктах агропромислового комплексу / Сирих В.М., Тарахно О.В./ Проблемы пожарной безопасности. – Харьков: НУГЗУ. – Вып. 31. – 2012. – С. 201-206.

nuczu.edu.ua

Е.Т. Тарахно, В.Н. Сырых, Р.В. Тарахно

### **Экспертное исследование версии возникновения пожара в результате химического самовозгорания**

Приводятся основные положения методики экспертного исследования версии возникновения пожара вследствие химического самовозгорания при проведении пожарно-технических экспертиз.

**Ключевые слова:** пожарно-техническая экспертиза, химическое самовозгорание, температура зоны реакции.

E.V. Tarachno, V.N. Syrykh, R.V. Tarachno

### **Expert research version of fire as a result of chemical spontaneous ignition**

Presentation of the main techniques of expert research version of a fire as a result of chemical spontaneous ignition during the fire and technical expertise.

**Keywords:** fire and technical expertise, chemical spontaneous ignition, the temperature of the reaction zone.