

*В.М. Сирих, к.т.н., доцент, НУЦЗУ,
О.Т. Тарахно, к.т.н., доцент, НУЦЗУ*

ДОСЛІДЖЕННЯ ВЕРСІЇ ВИНИКНЕННЯ ПОЖЕЖІ ВНАСЛІДОК ДІЇ ІСКОР РІЗНОГО ПОХОДЖЕННЯ

(представлено д-ром техн. наук Прохачем Е.Ю.)

Наводяться основні положення методики експертного дослідження пожежі, яка дозволяє підтвердити або спростувати версію виникнення горіння внаслідок дії іскор різного походження.

Ключові слова: пожежно-технічна експертиза, іскра, енергія іскри, мінімальна енергія запалювання горючої речовини.

Постановка проблеми. Перевірка версій щодо причин виникнення пожежі є основною і найбільш трудомісткою складовою пожежно-технічної експертизи. Практика дослідження пожеж показує, що при розробці версій про причини виникнення пожежі необхідно виходити з максимально можливої їх кількості, не нехтуючи й малоймовірними.

Висунення та дослідження версії виникнення пожежі внаслідок дії іскор різного походження здійснюється за умов, що у первинному місці виникнення горіння існували джерела іскроутворення, які можна поділити на декілька груп: іскри механічного походження; іскри, що утворюються під час температурної обробки металів; іскри, що утворюються під час горіння речовин і матеріалів; іскри короткого замикання (КЗ). Перевірка версії про їх причетність до виникнення пожежі полягає, по-перше, у встановленні можливості іскроутворення в осередку пожежі та наявності у цьому місці горючих речовин і матеріалів, і, по-друге, у порівнянні мінімальної енергії запалювання горючих матеріалів із енергією ймовірної іскри. Виконання такого дослідження потребує застосування відповідної методики, яка б враховувала специфічні умови виникнення пожежонебезпечної події. У зв'язку з цим стає актуальною задача визначення та розробки основних положень універсальної методики, застосування якої дозволить при експертному дослідженні пожежі підтвердити або спростувати версію її виникнення від небезпечної теплової дії іскор різного походження.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Існуюча загальна методика визначення причин пожежі, основні положення якої наведені в роботах [1], [2], застосовується в експертних підрозділах різних міністерств, проте не дозволяє всебічно дослідити версію виникнення

горіння внаслідок дії іскор різного походження. Розглянуті у роботах [3] та [4] теоретичні положення процесів іскроутворення в цілому підкреслюють небезпеку даного явища, але при цьому проблема системного рішення не має. Загальні міркування щодо вибухонебезпеки електричних розрядів різного типу і фрикційних іскор наводяться у роботі [5], яка також не містить цілісної методики експертного дослідження вказаної проблеми.

Постановка задачі та її розв'язання. Задачею даної роботи є розробка основних положень комплексної методики експертного дослідження версії виникнення пожежі внаслідок дії іскор різного походження. Передбачається, що функціональна структура такої методики будуватиметься за принципами, наведеними у роботах [6] та [7], і складається із аналітичної, розрахункової та експериментальної компоненти.

В аналітичній складовій даної методики необхідно встановити такі дані:

- можливе джерело та механізм іскроутворення (виникнення КЗ, механічна або термічна обробка твердих речовин, горіння горючих речовин тощо);

- наявність ознак появи іскор (оплавлення електричних провідників та інших металевих елементів електроустановки, сліди від удару, локальні руйнування обладнання, виробка металу в місцях тертя та поява кольорів мінливості тощо);

- астрономічний час та тривалість виділення іскор (тривалість проведення робіт, що можуть супроводжуватися іскроутворенням);

- параметри іскри (діаметр, початкова температура, теплофізичні характеристики, швидкість їх руху), які обумовлені походженням іскри;

- відстань від місця іскроутворення до осередку пожежі (можливість потрапляння іскор в осередок);

- здатність іскор реагувати із навколишнім середовищем із додатковим виділенням тепла;

- номенклатура речовин і матеріалів, що знаходилися в осередку пожежі, та їх фізико-хімічні властивості (мінімальна енергія запалювання, температура самоспалахування, температура тління);

- просторове розташування горючого матеріалу.

Алгоритм виконання аналітичної частини складової методики представлений на рис. 1.

Розрахункова частина методики, що пропонується, полягає у розрахунку та порівнянні енергії іскри з мінімальною енергією запалювання горючих матеріалів. Для цього необхідно визначити розмір іскри та кінцеву температуру, за якої вона буде контактувати з горючою речовиною.

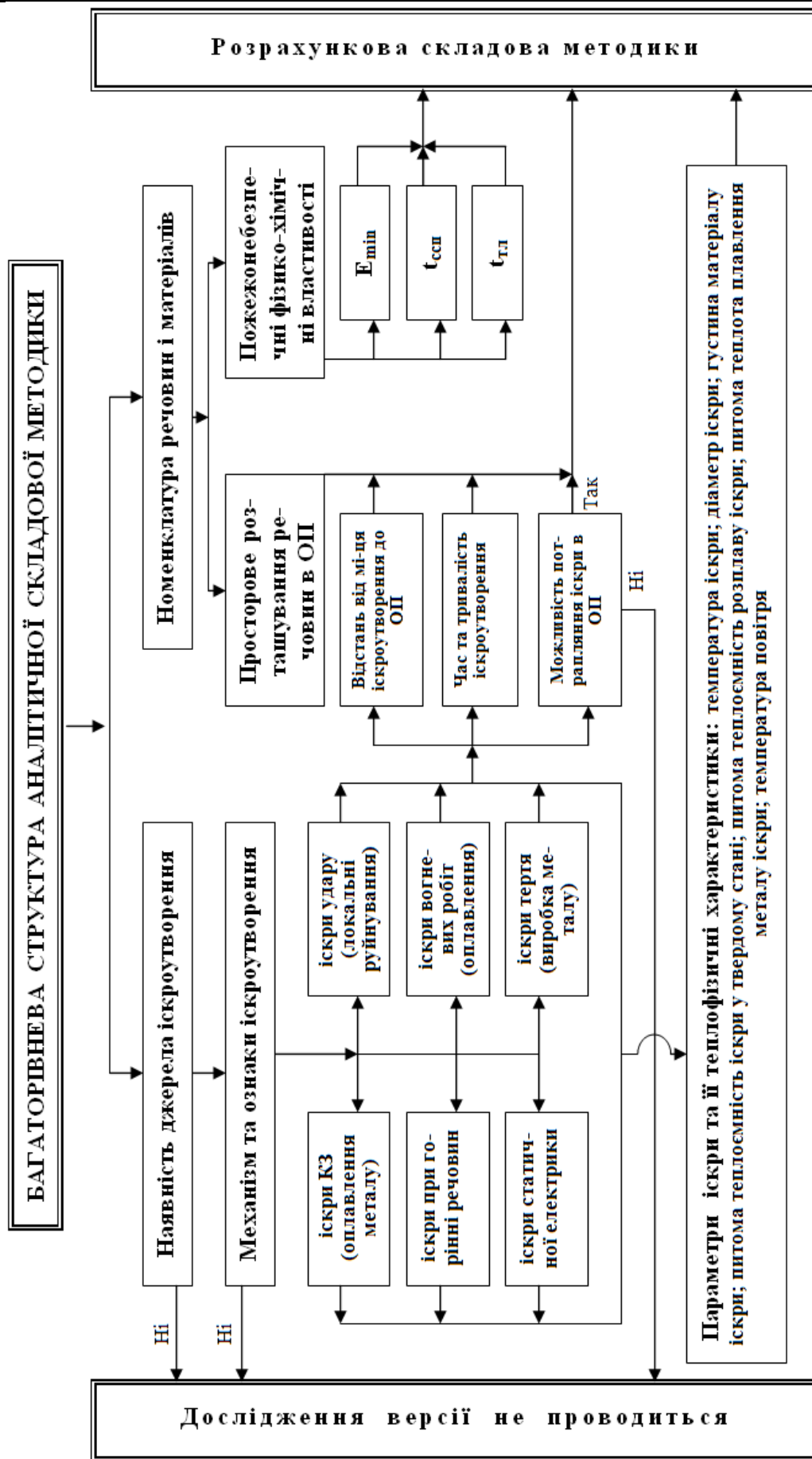


Рис. 1 – Багаторівнева структура аналітичної складової методики дослідження версії виникнення пожежі внаслідок дії іскор різного походження

Температура та розмір іскри залежать від виду металу і обумовлені механізмом іскроутворення. Так згідно [4] під час електрозварювальних робіт та КЗ температура іскри може коливатися від 2100 °С до 2500 °С, а розмір досягає 3 мм; під час різання металу – температура 1500 °С, а розмір 15-25 мм. Температура фрикційних іскор дорівнює температурі плавлення найбільш легкоплавкого металу. Проте, необхідно враховувати, що температура іскри може зростати під час польоту внаслідок додаткового протікання реакцій окислення киснем повітря або внаслідок хімічної взаємодії металів один з одним з виділенням значної кількості тепла. Так, температура іскри підвищується із вмістом вуглецю в сталевому сплаві і зменшується із зростанням вмісту більшості легуючих добавок. Розмір іскор механічного походження залежить від крихкості матеріалу, взаємного розташування тіл під час удару та його сили. Приймають, що розмір іскор удару та тертя не перевищує 0,5 мм. Проте, експериментальні дані [5] показують, що сталеві частки, вирвані з твердого тіла під час співударяння або тертя, можуть розпадатися на велику кількість частинок, розмір яких може коливатися від 0,1 до 0,9 мм.

Суттєву небезпеку становлять нерухомі іскри, які після утворення відразу потрапляють на поверхню горючого матеріалу. При цьому іскра повільно охолоджується, віддає тепло об'єму горючого середовища, яке її оточує. У такому випадку умови для займання будуть найбільш сприятливими.

Іскра, що перед потраплянням до горючого середовища знаходиться в польоті, поступово охолоджується. У зв'язку з цим важливо визначити час, протягом якого іскра буде знаходитися у розплавленому стані, час кристалізації та час її польоту від місця утворення до горючого матеріалу, а також здатність даного горючого матеріалу до займання від теплової енергії такої іскри. Розрахунок підпалюючої спроможності іскри виконується відповідно до положень стандарту [4].

Експериментальна частина методики виконується у разі відсутності необхідних вихідних даних аналітичної частини, а результати розрахункової частини мають імовірнісний характер. У цьому випадку необхідно проводити дослідження на експериментальних установках. Методика таких досліджень наведена у роботах [5] та [8].

Основні положення запропонованої методики були апробовані під час виконання експертного дослідження пожежі, що виникла під час проведення демонтажних робіт на території ДП ВО «Київприлад» в контейнері із магнієвою стружкою, який знаходився на відстані 5 м від металевого кронштейну, який зрізали.

Для різання сталевих кронштейнів можуть використовуватися електродугова, газова або механічна обробка з використанням машин з механізмами обертання типу «болгарка». Під час застосування шліфувальних машин для різання металу, утворюються фрикційні іскри

діаметром від 0,1 мм до 0,5 мм. Такі іскри, зазвичай, мають невелику теплову енергію, яка здатна викликати займання тільки підготовлених газо-, паро- або пилоповітряних сумішей. Запалювання фрикційними іскрами твердих горючих матеріалів є малоімовірним, проте магній, як горюча речовина, і особливо магнієва стружка, мають велику пожежну небезпеку. З метою перевірки здатності магнієвої стружки до загоряння при контакті із фрикційною іскрою, як найменш ймовірним джерелом запалювання, був проведений розрахунок згідно [4].

Якщо кінцева температура іскри більша, ніж температура самоспалахування горючого матеріалу, й енергія, яку може передати іскра при контакті з горючим середовищем, більша, ніж мінімальна енергія запалювання горючої речовини, то іскра буде джерелом запалювання. Отже, необхідно визначити, по-перше, кінцеву температуру іскри з урахуванням її охолодження під час польоту до моменту зіткнення з горючим матеріалом і, по-друге, кількість тепла, яку іскра може передати при охолодженні до температури самоспалахування горючого матеріалу.

Визначаємо параметри запалювання магнієвої стружки за довідником [9]: температура самоспалахування $t_{cc} = 510$ °С, мінімальна енергія запалювання $W_{min} = 20$ мДж.

Для механічного різання металу може застосовуватися кутова шліфувальна машина із типовими характеристиками: потужність 1200 Вт, діаметр диску 125 мм, частота обертання диску 11000 об./хв.

Визначаємо початкову температуру, діаметр та теплофізичні характеристики іскри: початкова температура фрикційної іскри дорівнює температурі плавлення сталі $T_{поч} = T_{пл} = 1648$ К; діаметр іскри $d_i = 0,5 \cdot 10^{-3}$ м; густина $\rho_i = 7860$ кг·м⁻³, питома теплота плавлення $\Delta H_{пл} = 318 \cdot 10^3$ Дж·кг⁻¹, теплоємність іскри у твердому стані $c_p^{TB} = 460$ Дж·кг⁻¹·К⁻¹.

Розраховуємо масу іскри m_i , приймаючи, що іскра має сферичну форму

$$m_i = \frac{\pi}{6} d_i^3 \rho_i = \frac{3,14}{6} (0,5 \cdot 10^{-3})^3 \cdot 7860 = 0,5 \cdot 10^{-6} \text{ кг.}$$

Розраховуємо швидкість та час польоту іскри ($\tau_{пол}$) до зіткнення з контейнером із магнієвою стружкою. Враховуємо, що швидкість польоту іскри залежить від частоти обертання та діаметру диску:

$$v_i = \pi n D = 3,14 \cdot 183 \cdot 0,125 = 71,8 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1};$$

$$\tau_{пол} = \frac{H}{v_i} = \frac{5}{71,8} = 0,07 \text{ с.}$$

Розраховуємо коефіцієнт конвекційної тепловіддачі α_k :

$$\alpha_k = 3,52 \sqrt{\frac{v_i}{d_i}} = 3,52 \sqrt{\frac{71,8}{0,5 \cdot 10^{-3}}} = 1334 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \text{К}^{-1}.$$

Розраховуємо площу поверхні іскри S_i та час її кристалізації $\tau_{кр}$, приймаючи, що температура навколишнього повітря дорівнює 20°C

$$S_i = 3,14 \cdot 0,5 \cdot 10^{-6} = 1,57 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2,$$

$$\tau_{кр} = \frac{m_i \Delta H_{пл}}{\alpha_k S_i (T_{пл} - T_o)} = \frac{0,5 \cdot 10^{-6} \cdot 318 \cdot 10^3}{1334 \cdot 1,57 \cdot 10^{-6} (1648 - 293)} = 0,06 \text{ с}.$$

Оскільки $\tau_{пол} > \tau_{кр}$, після кристалізації відбувається охолодження іскри у твердому стані, тоді температура іскри в кінці польоту ($T_{кін}$) визначається за формулою

$$T_{кін} = T_o + (T_{пл} - T_o) \cdot \exp\left(-\frac{(\tau_{пол} - \tau_{кр}) \alpha_k S_i}{c_p^{ТВ} m_i}\right) =$$

$$= 293 + (1648 - 293) \cdot \exp\left(-\frac{(0,07 - 0,06) 1334 \cdot 1,57 \cdot 10^{-6}}{460 \cdot 0,5 \cdot 10^{-6}}\right) = 1530 \text{ К}.$$

Кінцева температура іскри більша, ніж температура самоспалахування магнієвої стружки, отже розраховуємо кількість тепла, яку іскра може віддати горючому матеріалу при її охолодженні до температури самоспалахування

$$W_i = m_i c_p^{ТВ} (T_{кін} - T_{cc}) = 0,5 \cdot 10^{-6} \cdot 460 \cdot (1530 - 783) = 0,17 \text{ Дж}.$$

На підставі проведеного розрахунку визначено, що теплова енергія іскри більша, ніж мінімальна енергія запалювання магнієвої стружки, що може призвести до загоряння даної речовини.

Висновок: впровадження в експертну практику вищенаведених положень методики дослідження виникнення пожежі внаслідок дії іскор різного походження надає експерту можливість підтвердити або спростувати версію виникнення пожежі від даного 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. Таубкин С.И. Пожар и взрыв, особенности их экспертизы / Таубкин С.И. – М.: – 1999. – 600 с.
4. ГОСТ 12.1.004-91. ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования. – М.: Изд-во стандартов, 1992. – 78 с.
5. Взрывобезопасность электрических разрядов и фрикционных искр. Под ред. д-ра техн. наук, проф. В.С. Кравченко и канд. техн. наук В.А. Бондаря. М., Недра, 1976. 304 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.
7. Тарахно О.В. Експертне дослідження версії виникнення пожежі внаслідок хімічного самозаймання / Тарахно О.В., Сирих В.М., Тарахно Р.В./ Проблемы пожарной безопасности. – Харьков: НУГЗУ. – Вып. 32. – 2012. – С. 215-220.
8. Сирих В.М. Методичні рекомендації щодо експертного дослідження апаратів захисту електроустановок, які виявлені на місці пожежі / Сирих В.М., Горбенко В.О., Дмитрієв В.О. – Х.: ХНДІСЕ, 2012. – 68 с.
9. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. Справочник в 2-х книгах / [Баратов А.Н., Корольченко А.Я., Кравчук Г.Н и др.]; под ред. Баратова А.Н. - М.: Химия, - 1990. – 650 с.
nuczu.edu.ua

В.Н. Сырых, Е.В. Тарахно

Исследование версии возникновения пожара вследствие воздействия искр различного происхождения

Приводятся основные положения методики экспертного исследования пожара, которая позволяет подтвердить или опровергнуть версию возникновения горения вследствие воздействия искр различного происхождения.

Ключевые слова: пожарно-техническая экспертиза, искра, энергия искры, минимальная энергия зажигания горючего материала.

V.N. Strykh, E.V. Tarachno

Research version of a fire due to the impact of sparks of different origin

The principal methodology of a fire expert research, which allows to confirm or refute the version of combustion due to the impact of sparks of different origin are considered.

Keywords: fire and technical expertise, spark, spark energy, the minimum ignition energy of combustible material.