

*О.В. Тарахно, канд. техн. наук., нач. кафедры, НУЦЗУ,
В.М. Сирих, канд. техн. наук., доцент, НУЦЗУ,
Р.В. Тарахно, эксперт, НДЕКЦ ЛУ УМВСУ*

ЕКСПЕРТНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВЕРСІЇ ВИНИКНЕННЯ ВИБУХУ ГАЗОПАРОВОПІТРЯНОЇ СУМІШІ У ПРИМІЩЕННІ

(представлено д-ром хім. наук Калугіним Д.В.)

У роботі наведені алгоритми експертного дослідження версії виникнення технологічного вибуху внаслідок спалахування газопароповітряної суміші як при наявності достатніх вихідних даних, так і при їх відсутності.

Ключові слова: алгоритм, технологічний вибух, газопароповітряна суміш, концентраційна межа поширення полум'я, надлишковий тиск.

Постановка проблеми. Вибухи газо- пароповітряних сумішей (ГППС) у приміщеннях і будинках, як правило, носять руйнівних характер і можуть призводити до значних матеріальних збитків і загибелі людей. За наслідками таких вибухів назначаються судові експертизи, до виконання яких залучаються спеціалісти різних міністерств та відомств. Експертне дослідження технологічних вибухів газопароповітряних сумішей у приміщеннях один із найскладніших напрямків пожежно-технічної експертизи. Це обумовлено необоротністю протікання фізико-хімічних процесів, що супроводжують вибух, руйнуванням матеріальних об'єктів або значною зміною їх первісної форми, властивостей та інших якостей. Під час експертизи щодо установлення причини вибуху певні труднощі викликає обов'язкове урахування множинних якісних показників, які практично не піддаються формалізації, що ускладнює застосування розрахункових методів для вирішення даної проблеми.

Основними питаннями, які вирішуються даним видом дослідження, є визначення технічної причини виникнення вибуху, місця спалахування ГППС та можливого джерела запалювання. Для цього експерт повинен створити віртуальний об'єкт, змоделювати процес утворення ГППС та динаміку її вибуху, виклавши у висновку ретроспективу явищ, що мали місце. Необхідно відмітити, що на сьогоднішній день експертні установи України не мають затвердженої в установленому порядку методики для вирішення вищенаведених питань.

Під час висування та дослідження версій про технічну причину виникнення вибуху ГППС важливим моментом є визначення можливості утворення вибухонебезпечної суміші, а також ступеню руйну-

вання об'єкту. Особливо це питання стає актуальним, якщо визначення маси горючої речовини, яка потрапила в приміщення, викликає труднощі за відсутності вихідних даних для експертного дослідження.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Необхідно відмітити, що визначення технічної причини виникнення вибуху ГППС у приміщеннях і будинках, яке проводиться за кримінальною справою, відноситься до компетенції судово-експертних установ. Тому результати цих досліджень, як правило, не публікуються у відкритому друку, а отже, неможливо оцінити їх повноту та достовірність. Наведені у відкритому друку результати досліджень вибухів в огороженнях дозволяють вирішити окремі питання, які виникають під час проведення експертизи щодо встановлення технічної причини виникнення вибуху ГППС. Так, у роботах [1] та [2] наведені результати досліджень формування вибухонебезпечної хмари з урахуванням вентиляції, яка сприяє видаленню газу із приміщень. Прогнозування наслідків аварійного натікання газу в приміщення, що наведені у роботі [3], дозволяє визначити час досягнення небезпечних концентрацій як в об'ємі всього приміщення, так і в локальних зонах загазованості. Однак, відсутність цілісної методики експертного дослідження щодо встановлення технічної причини виникнення вибуху ГППС у приміщеннях, суттєво впливає на хід проведення розслідування.

Постановка завдання та його вирішення. Відомо, що вибухи ГППС у приміщеннях характеризуються дефлаграційним типом вибухового перетворення, яке призводить до руйнування обладнання, будівельних конструкцій тощо. В окремих випадках надлишковий тиск у замкнутому об'ємі може досягати 700-900 кПа, що викликає повне руйнування будинків та обладнання. Під час проведення експертизи щодо встановлення причини виникнення вибуху ГППС може скластися одна із наступних ситуацій:

1) слідством зібрані необхідні вихідні дані, яких достатньо для підтвердження або спростування версії виникнення технологічного вибуху внаслідок спалахування ГППС;

2) у результаті повного руйнування об'єкту зібрати у повному обсязі дані, які необхідні для перевірки версії вибуху ГППС, неможливо. У такому випадку результати дослідження будуть носити імовірнісний характер.

Нижче пропонуються алгоритми дослідження версії утворення вибухонебезпечної ГППС у приміщенні та її вибуху.

На рис. 1 наведений алгоритм експертного дослідження можливості виникнення технологічного вибуху внаслідок спалахування газоповітряної суміші під час аварійного надходження горючого газу до приміщення.

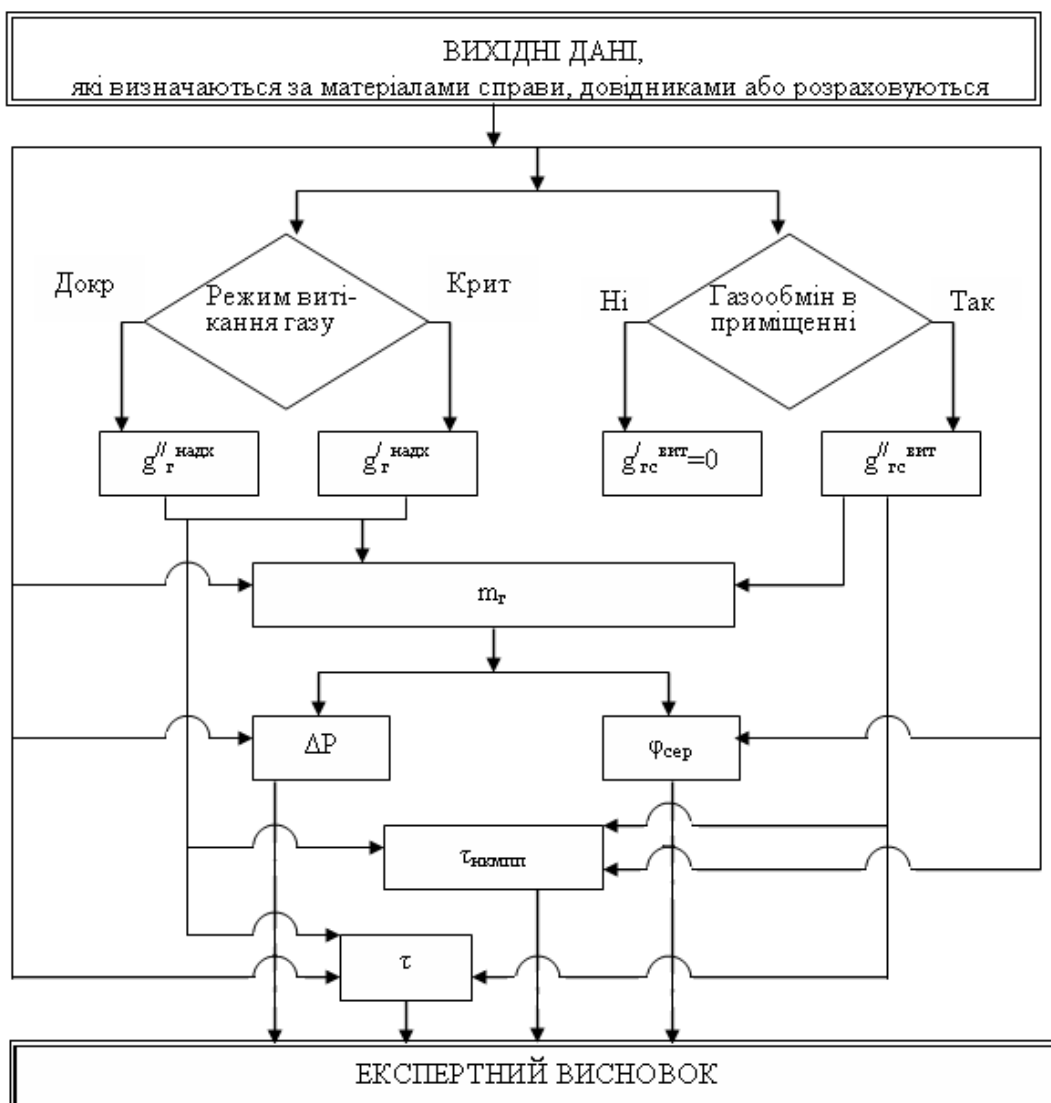


Рис. 1 – Алгоритм експертного дослідження версії виникнення технологічного вибуху внаслідок спалахування ГПС

На початковій стадії даного дослідження для проведення відповідних розрахунків передбачається формування бази вихідних даних, а саме: визначають розміри приміщення, де виник вибух, наявність отворів та їх розміри, параметри пожежної небезпеки горючої речовини, що приймала участь у формуванні ГПС, (молярна маса, густина, об'ємна нижня концентраційна межа поширення полум'я, молярна теплота згоряння, максимальний тиск вибуху), густину повітря в приміщенні та ззовні залежно від температури.

Наступним етапом дослідження є визначення маси горючої речовини m_r , що надійшла до приміщення за час розвитку аварійної ситуації. Для цього розраховують масову витрату g'_r , з якою горюча речовина надходить у приміщення (залежно від режиму витікання газу або інтенсивності випаровування рідини) та масову витрату $g'_{гс}$, з

якою суміш повітря і горючої речовини витікає із приміщення через отвори (залежно від схеми газообміну). За відсутності газообміну в приміщенні маса горючої речовини, що накопичилася в приміщенні, залежить від часу її надходження.

Одним із основних етапів дослідження можливості утворення вибухонебезпечної ГППС є розрахунок середньої фактичної концентрації горючої речовини $\varphi_{\text{сер}}$, що утворилася в приміщенні за час аварійного витікання. Якщо $\varphi_{\text{сер}}$ в приміщенні буде перевищувати нижню концентраційну межу поширення полум'я горючої речовини $\varphi_{\text{н}}$, то це є підставою для припущення, що причиною вибуху стало спалахування ГППС.

Важливим етапом дослідження є визначення надлишкового тиску вибуху ΔP , що виникає при спалахуванні газопароповітряної хмари, яка утворилася внаслідок аварійного надходження речовини до приміщення. З цією метою попередньо розраховують коефіцієнт участі горючого газу у вибуху z залежно від співвідношення розмірів зони загазованості та приміщення або приймають детерміновані значення z згідно [4]. Також розраховують об'ємну стехіометричну концентрацію для індивідуальної горючої речовини ($\varphi_{\text{стм}}$) або масову теплоту згоряння ($Q_{\text{н}}$) для сумішей горючих газів або пари.

Визначений розрахунком надлишковий тиск вибуху при спалахування ГППС порівнюють з критичними значеннями ΔP (табл. 1),

Таблиця 1 – Значення критичних тисків ΔP , що викликають руйнування конструктивних елементів будинків, промислових конструкцій і апаратів при вибухах ГППС

Характер пошкодження елементів будинку	ΔP , кПа
Руйнування скління	2÷7
Руйнування перегородок і покрівлі:	
- дерев'яних каркасних будинків;	12
- цегляних будинків;	15
- залізобетонних каркасних будинків.	17
Руйнування перекриттів:	
- дерев'яних каркасних будинків;	17
- промислових цегляних будинків;	28
- промислових будинків зі сталевим і залізобетонним каркасом;	30
- будинки з масивними стінами.	42
Руйнування стін:	
- шлакоблокових будинків;	22
- дерев'яних каркасних будинків;	28
- цегляних будинків зі стінами у 1,5 цегли;	40
- будинки з масивними стінами.	100
Руйнування фундаментів	215÷400

дівельних конструкцій та обладнання [5]. Якщо відхилення розрахованого надлишкового тиску вибуху від критичного значення ΔP не перевищує 5 %, то це свідчить на користь висунутої версії щодо виникнення вибуху внаслідок спалахування газопароповітряної суміші.

З метою визначення можливості утворення вибухонебезпечної ГППС розраховують час $\tau_{\text{нкмпс}}$, через який середня концентрація горючого газу у вільному об'ємі приміщення досягне значення нижньої концентраційної межі поширення полум'я. При цьому ураховують виток горючої речовини із приміщення в процесі її аварійного надходження. Розрахований час порівнюють з можливим інтервалом часу від початку надходження небезпечної речовини до приміщення і до виникнення вибуху, який визначають за матеріалами справи.

Для визначення ймовірного джерела запалювання розраховують час τ , протягом якого за даних умов аварійного надходження горючого газу в приміщення зона вибухонебезпечних концентрацій пошириться на певну відстань від осередку аварійного виходу газу. На даному етапі дослідження враховуються умови руху повітряного середовища в приміщенні.

Останнім етапом дослідження версії виникнення технологічного вибуху є сукупний аналіз визначених параметрів $\phi_{\text{сер}}$, ΔP , $\tau_{\text{нкмпс}}$, τ , за результатами якого складають експертний висновок щодо причини виникнення вибуху. Розрахунки вищевказаних параметрів наведені у роботі [3].

Вище відмічалось, що може виникнути ситуація, коли за об'єктивними причинами слідство не спроможне зібрати у повному обсязі дані, які необхідні для перевірки версії вибуху ГППС. У такому разі окремі положення цієї версії будуть базуватися на свідченнях осіб, які безпосередньо були свідками небезпечної події. У першу чергу це стосується обставин руйнування будівельних конструкцій та обладнання, фізико-хімічних властивостей речовин, що натікали у приміщення, місця розташування можливих джерел запалювання тощо. Зрозуміло, що урахування якісних показників призводить до наближеного висновку за результатом експертного дослідження, тобто такий висновок буде носити ймовірнісний характер.

Експертне дослідження можливості виникнення технологічного вибуху внаслідок спалахування ГППС у приміщенні за відсутності достатніх вихідних даних може проводитися за алгоритмом, що наведений на рис. 2.

На першому етапі за результатами експертного дослідження місця вибуху та вивчення матеріалів справи визначається характер пошкодження будівельних конструкцій та обладнання, що виникли внаслідок вибуху.

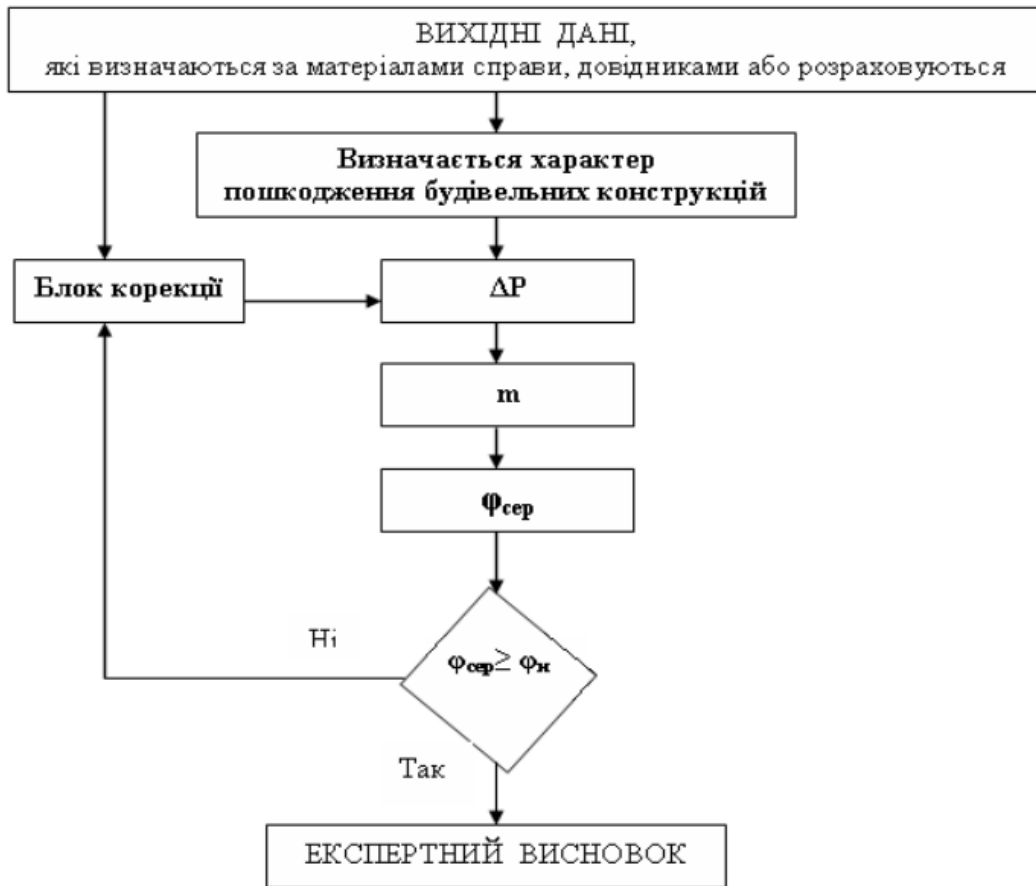


Рис. 2 – Алгоритм експертного дослідження версії виникнення технологічного вибуху в умовах відсутності достатніх вихідних даних

Надалі, за характером руйнування (див. табл. 1) визначають критичний надлишковий тиску вибуху ΔP , що виник у приміщенні (будинку) внаслідок спалахування ГППС. Із формул розрахунку надлишкового тиску вибуху для індивідуальних горючих речовин, а також для сумішей горючих речовин визначають масу речовини, що прийняла участь у вибуху:

– для індивідуальних горючих речовин:

$$m = \frac{\Delta P V_{\text{вільн}} \rho_{\text{гр}} \varphi_{\text{стм}} K_{\text{н}}}{100 \cdot z (P_{\text{max}} - P_0)}, \text{ кг}, \quad (1)$$

де P_{max} – максимальний тиск вибуху стехіометричної газопароповітряної суміші в замкненому об'єм; P_0 – атмосферний тиск; z – коефіцієнт участі горючої речовини у вибуху; $V_{\text{вільн}}$ – вільний об'єм приміщення, м^3 ; $\rho_{\text{гр}}$ – густина горючої речовини; $\varphi_{\text{стм}}$ – об'ємна стехіометрична концентрація горючої речовини; $K_{\text{н}}$ – коефіцієнт, що враховує негерметичність приміщення та неадіабатичність процесу горіння, приймають рівним 3;

– для елементоорганічних індивідуальних рідин а також для

сумішей горючих рідин:

$$m = \frac{\Delta P V_{\text{вільн}} \rho_{\text{пов}} c_{\text{пов}} T_{\text{пов}} K_{\text{н}}}{P_0 Q'_{\text{н}} z}, \text{ кг}, \quad (2)$$

де $Q'_{\text{н}}$ – масова теплота згоряння горючої речовини; $\rho_{\text{пов}}$, $c_{\text{пов}}$, $T_{\text{пов}}$ – відповідно густина, теплоємність та початкова температура повітря до вибуху.

Наступним етапом даної методики є розрахунок середньої фактичної концентрації горючої речовини, що могла утворитися в приміщенні за час витікання. Для визначення можливості виникнення горіння необхідно порівняти фактичну середню концентрацію горючого газу з нижньою концентраційною межею поширення полум'я цієї речовини. Якщо $\phi_{\text{сер}} \geq \phi_{\text{н}}$, то з достатнім ступенем ймовірності можна стверджувати, що вибух виник внаслідок руйнування того чи іншого обладнання з наступним утворенням вибухонебезпечної ГППС та її спалахуванням. У протилежному випадку досліджуються інші версії виникнення технологічного вибуху.

Висновок. Таким чином, наведені алгоритми дослідження версії виникнення технологічного вибуху внаслідок спалахування газопароповітряних сумішей дозволяють структурувати процес експертного дослідження та скоротити терміни визначення причини вибуху.

ЛІТЕРАТУРА

1. Комаров А.А. Условия формирования взрывоопасных облаков в газифицированных жилых помещениях / А.А. Комаров, Г.В. Чиликина // Пожаровзрывобезопасность. – 2002. – №4. – С. 24-28.
2. Мишуев А.В. Общие закономерности развития аварийных взрывов и методы снижения взрывных нагрузок до безопасного уровня / А.В. Мишуев, А.А. Комаров, Д.З. Хуснутдинов // Пожаровзрывобезопасность. – 2001. – №6. – С. 8-19.
3. Тарахно О.В. Прогнозування наслідків аварійного натікання газу в приміщення / О.В. Тарахно, В.М. Сирих, Р.В. Трахно // Проблеми надзвичайних ситуацій: зб. наук. пр. УЦЗ України. Вип. 10. – Харків: УЦЗУ, 2009. – С. 179-185.
4. Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою НАПБ Б.03.002-2007 – [Чинний від 2008-01-01]. — Пожежна безпека т.15: Нормативноправові акти та інші документи. — К.: ДП НВП «Спец-пожсервіс» С. 21-45.

nuczu.edu.ua

Тарахно Е.В., Сырых В.Н, Тарахно Р.В.

Экспертное исследование версии возникновения взрыва газозвдушной смеси в помещении.

В работе представлены алгоритмы экспертного исследования версии возникновения технологического взрыва вследствие воспламенения газозвдушной смеси как при наличии достаточных исходных данных, так и при их отсутствии.

Ключевые слова: алгоритм, технологический взрыв, газозвдушная смесь, концентрационный предел распространения пламени, избыточное давление взрыва.

O.V. Tarachno, V.N. Syrykh, R.V. Tarachno

Expert research version of an explosion gas mixture indoor.

The paper presents algorithms for expert research version of the technological explosion due to ignition of gas-air mixture in the presence of sufficient baseline data, and in their absence.

Keywords: algorithm, technological explosion, gas mixture, the concentration limit of flame propagation, the overpressure of the explosion.