

УДК 614.8

**Росоха С. В.**, д-р технічних наук, доц., консультант Пожарно-технічного підприємства «Брандмайстер», м. Харків  
**Рябінін І. М.**, Харківського НДЕКЦ МВС України,  
e-mail: [ingyabinin@ukr.net](mailto:ingyabinin@ukr.net)  
**Стрілець В. В.**, директор Пожарно-технічного підприємства «Брандмайстер», м. Харків  
e-mail: [v.strelec.brand@gmail.com](mailto:v.strelec.brand@gmail.com)

## ОСОБЛИВОСТІ ВСТАНОВЛЕННЯ ТЕХНІЧНОЇ ПРИЧИНИ ДЕФЛАГРАЦІЙНИХ ВИБУХІВ У ПРИМІЩЕННЯХ

В доповіді показано, що актуальність роботи пов'язана зі збільшенням випадків аварійних вибухів у приміщеннях, які супроводжуються загибеллю людей та руйнацією будівельних конструкцій. Відмічено – дослідження обставин та механізму дефлаграційних вибухів відноситься до компетенції пожежно-технічного експерта та проводиться за загальною методикою дослідження пожеж [1]. Разом з тим, деякі особливості дослідження дефлаграційних вибухів газопароповітряних сумішей в об'ємі приміщення не враховуються експертами, що негативно відображається на якості проведення судових експертиз.

У процесі аналізу механізму розвитку дефлаграційного вибуху (пожежі) приймалося, що при займанні газопаропилоповітряної суміші (ГППС) виникають два середовища. Одне, що складається з розжарених продуктів горіння, низької густини та високої температури, знаходиться всередині об'єму, границею якого є фронт полум'я. Інша – в об'ємі між стінами приміщення та фронтом полум'я. Це обумовлює квазістатичний процес дефлаграційного вибуху в замкненому об'ємі. При цьому фронт полум'я переміщує значну частину незгорівшої (свіжої) суміші в простір перед собою. Тому в приміщенні виникають значні газодинамічні потоки, що визначають подальший сценарій протікання вибуху.

Відмічено, що внаслідок витікання суміші, яка не прореагувала, через відкритий отвір тільки частина первинної суміші встигає прореагувати при внутрішньому дефлаграційному вибуху, решта виходить через отвір в атмосферу. Через це при частковій загазованості приміщення вибухові навантаження близькі до навантажень, що реалізуються в повністю загазованих приміщеннях. Тобто, для реалізації значних руйнувань достатньо мати незначний об'єм газу у вибухонебезпечному стані. При цьому рівні вибухових навантажень суттєво залежать від великої кількості факторів: об'ємно-планувальних особливостей об'єкта, сценарію протікання аварійного вибуху, характеру скління вікон, стану дверей у момент вибуху (відкриті або закриті міжкімнатні двері), місця ініціювання вибуху тощо [2].

Найбільшу небезпеку являє випадок, коли загазоване приміщення сполучається через проріз з іншим приміщенням. У цьому випадку відбувається двохстадійний вибух. Максимальний тиск в суміжних приміщеннях може бути в декілька разів більше, ніж при вибуху в одному ізольованому приміщенні. Це пов'язано з тим, що при переміщенні ГППС в суміжне приміщення відбувається значна турбулізація суміші, що призводить до збільшення швидкості розповсюдження полум'я. У цьому випадку прийнято говорити не про нормальну швидкість розповсюдження полум'я, а про турбулентну швидкість горіння.

На динамічні характеристики внутрішнього дефлаграційного вибуху великий вплив оказує турбулізація свіжої суміші, яка призводить до збільшення швидкості горіння, підвищення темпу енерговиділення та різкому підвищенню видимої швидкості полум'я. Цим пояснюються найбільші руйнування будівельних конструкцій [3]. Що стосується руйнування цегляних стін, то воно відбувається за рахунок того, що цегляна кладка, яка має високу несучу здібність у вертикальному (експлуатаційному) напрямку, практично не чинить опір горизонтальним (вибуховим) навантаженням. Крім цього, коли цегляні стіни є несучими, при їхньому прогині (під впливом вибухових навантажень) відбувається утрата їхньої стійкості, що призводить до руйнування всієї конструкції. Також треба враховувати формування потужних повітряних потоків в міжкімнатних проходах. Саме ці потоки (а не ударна хвиля) призводять до викиду фрагментів будівельних конструкцій та предметів назовні. При цьому треба мати на увазі, що руйнування конструкцій відбувається за рахунок надлишкового тиску, а наступний їх викид – швидкісного напору. Неруйнування міжквартирних стін пояснюється тим, що швидкість полум'я уповільнюється в бік стін без скидних отворів та збільшується в бік стін зі скидними отворами. Зміна швидкості полум'я пов'язана з впливом меж (стіл), на яких

виконується умова непротікання, тобто швидкість свіжої суміші на жорстких стінах дорівнює нулю.

Визначено, що в процесі дослідження обстановки на об'єкті після дефлаграційного вибуху за характером руйнувань завжди можна визначити: відбулася детонація вибухових речовин, чи було реалізовано вибухове дефлаграційне горіння газопароповітряних сумішей. При дослідженні, по-перше, треба встановити, що сліди руйнувань будівельних конструкцій не характерні для фізичних вибухів та детонаційних вибухів конденсованих вибухових речовин. Для цього необхідно зафіксувати відсутність локальних руйнувань, залишків посудин, які працювали під тиском, слідів бризантного впливу на будівельні конструкції та навколишнє середовище. Разом з цим, сліди руйнувань повинні свідчити про наявність надлишкового тиску та швидкісного напору всередині приміщень, що характерно для протікання дефлаграційного вибуху.

Показано, що під час визначення пожежно-технічної характеристики горючої речовини необхідно враховувати наступне: групу горючості, температуру самозаймання, нижню та верхню концентраційну межу поширення полум'я, мінімальну енергію запалювання, здатність вибухати та горіти при взаємодії з водою, киснем повітря та іншими речовинами, нормальну швидкість розповсюдження полум'я, мінімальний вибухонебезпечний вміст кисню, мінімальну концентрацію флегматизатора, максимальний тиск вибуху, швидкість наростання тиску при вибуху.

Для рідин – група горючості, температура спалаху, температура займання, температура самозаймання, нижня та верхня концентраційна межа поширення полум'я, температурні межі (нижня та верхня) розповсюдження полум'я, мінімальна енергія запалювання, здатність вибухати та горіти при взаємодії з водою, киснем повітря та іншими речовинами, нормальна швидкість розповсюдження полум'я, швидкість вигорання, мінімальний вибухонебезпечний вміст кисню, мінімальна концентрація флегматизатора, максимальний тиск вибуху, швидкість наростання тиску при вибуху [4].

Пожежо- та вибухонебезпечні властивості пилу оцінюють, головним чином, за температурою його самозаймання та нижніми концентраційними межами займання. Верхні межі займання аерозолів настільки великі, що практично недосяжні.

Відмічено, що в процесі встановлення осередку пожежі (дефлаграційного вибуху) в зв'язку з відносно великою швидкістю розповсюдження фронту полум'я в газоповітряному середовищі, сліди, які містять осередкові ознаки у вигляді локальних термічних уражень, не відображаються. Враховуючи механізм виникнення та розвитку дефлаграційного горіння, можна констатувати, що осередок пожежі (дефлаграційного вибуху) збігається у просторі з джерелом запалювання і знаходиться в місці формування газоповітряної суміші у вибухонебезпечній концентрації.

Різноманітність умов формування й займання хмари горючої суміші, що утворюється у приміщенні, визначає різний характер дії вибухів на будівельні конструкції. У деяких випадках внутрішні аварійні вибухи можуть не викликати руйнування будівельних конструкцій. Проте, в більшості випадків вони призводять до часткового та навіть повного руйнування будівельних конструкцій будівлі, де стався аварійний вибух. За характером руйнувань також можна визначити координати первинного вогнища пожежі. При аналізі характеру руйнувань необхідно враховувати, що аварійні вибухи всередині будівель і приміщень характеризуються не детонаційним, а дефлаграційним типом вибухового перетворення, що накладає певні особливості на способи визначення вибухових навантажень і на методи дослідження наслідків аварійних вибухів.

Оскільки дефлаграційний вибух – це швидке горіння газоповітряної суміші, концентрація пального в якій знаходиться між нижньою і верхньою концентраційними межами займання, тобто суміші, підготованій до горіння, то основні сліди дефлаграційного горіння формуються за рахунок руйнування будівельних конструкцій. У зв'язку з цим, як основні показники при аналізі наслідків аварійних вибухів горючих сумішей пропонується приймати характер і об'єм руйнувань будівельних конструкцій будівлі (споруди), у якій відбувається аварійний вибух. Зусилля, які виникають при внутрішньому аварійному вибуху в конструкціях, які входять до складу елементів зовнішньої огорожі вибухонебезпечного приміщення (стіни, підлога, стеля), залежать від надлишкового тиску  $\Delta p_m$ , діючого на елементи цієї огорожі. Тобто, саме величина надлишкового тиску, а не ударна хвиля (як при детонаційному вибуху), визначає характер і ступінь руйнувань огорожувальних конструкцій.

При дослідженні руйнувань треба враховувати, що тиск на стіні, протилежній до отвору, завжди вище, ніж на інших стінах, внаслідок збільшення реактивної сили від струменя, що витікає. Якщо отворів декілька, то має значення місце розташування отворів.

При вибуху в приміщенні, що спілкується через отвір з іншим приміщенням, відбувається так званий двохстадійний вибух. Двохстадійні і трьохстадійні вибухи (наприклад, кухня-коридор-вітальня) найчастіше відбуваються при аваріях в житлових будинках. Після початку вибуху горюча суміш починає витікати в друге приміщення через отвір. При цьому відбувається сильна турбулізація суміші, що викликає різке збільшення площі горіння в другому приміщенні. У результаті якщо навіть друге приміщення сполучається з атмосферою, тиск в ньому в 2–3 рази вище, ніж в першому, і починає передаватися назад. Тобто, для визначення місця первинного виникнення дефлаграційного горіння необхідно враховувати геометричні параметри газоповітряної хмари, об'ємно-планувальні особливості приміщення, особливості розміщення технологічного та іншого обладнання в приміщенні тощо.

Визначено, що під час встановлення джерела запалювання необхідно враховувати наступне – загоряння відбувається, як правило, під дією зовнішнього джерела запалювання, тоді як самостійне горіння підтримується за рахунок теплоти екзотермічних процесів у зоні горіння. Для визначення джерела запалювання використовується версійний аналіз механізму виникнення дефлаграційного горіння. Доцільно експертні версії щодо джерела запалювання розглядати з урахуванням того, що як горючий матеріал приймається газоповітряна суміш, концентрація горючого в якій знаходиться між нижньою та верхньою межами займання (поширення полум'я). Так, для запалювання пропан-бутанової газоповітряної суміші, що утворилася внаслідок витоку газової речовини із пошкодженого газового балону, достатньо теплової енергії майже будь-якого джерела запалювання. Наприклад, в зв'язку з тим, що мінімальна енергія запалювання для пропану та бутану – 0,25 мДж, для займання газоповітряної суміші достатньо електричного іскрового розряду при різниці потенціалів 3 кВ [4]. Для порівняння, потенціал ізолюваного від землі тіла людини досягає 7 кВ, а залежно від характеристик матеріалу одягу з полімерів – до 14–15 кВ. Фрикційні іскри (іскри удару або тертя) також здатні запалити суміші, для яких характерні невеликі значення мінімальної енергії запалювання та невеликі періоди індукції. Все це свідчить про те, що джерелом запалювання, яке може ініціювати дефлаграційний вибух, може бути будь-який об'єкт, який виділяє теплову енергію, достатню для запалювання газоповітряної суміші, в тому числі і такий малопотужний, як електрична іскра, фрикційна іскра або іскра при розряді статичної електрики. Для встановлення конкретного джерела запалювання необхідно провести аналіз обставин допожежної обстановки.

Таким чином, встановлення технічної причини пожежі (дефлаграційного вибуху), яка уявляє собою процес, що обумовлює її виникнення, вимагає назвати джерело запалювання, речовину, що спалахнула, або матеріал, окисник (за необхідності) і, нарешті, описати процес їх взаємодії. Це дозволить сформулювати безпосередню (технічну) причину дефлаграційного вибуху (без будь-якових правових оцінок типу формулюванні «необережне поводження з вогнем») наступним чином: технічною причиною пожежі (дефлаграційного вибуху) є займання газопаропилоповітряної суміші під впливом джерела запалювання.

#### **Список використаних джерел:**

1. Сиріх В. М., Тарахно О. В. Особливості та перспективи розвитку пожежно-технічної експертизи. *Проблеми пожежної безпеки* : збірник наук. тр. Харків : УГЗУ, 2008. Вип. 24. С. 181–185.
2. Тарахно О. В., Сиріх В. М., Тарахно Р. В. Прогнозування наслідків аварійного натікання газу в приміщення. *Проблеми надзвичайних ситуацій* : збірник наук. пр. УЦЗ України. Вип. 10. Харків : УЦЗУ, 2009. С. 179–185.
3. Комаров А. А., Чиликина Г. В. Условия формирования взрывоопасных облаков в газифицированных жилых помещениях. *Пожаровзрывобезопасность*. 2002 № 4. С. 24–28.
4. Пожаровзрывобезопасность веществ и материалов и средства их тушения. Справочник в 2-х книгах / [А. Н. Баратов, А. Я. Корольченко, Г. Н. Кравчук и др.]; под ред. А. Н. Баратова. М. : Химия, 1990. 650 с.