

УДК 614.841:536.46

О. В. Кириченко, д. т. н., с. н. с., О. С. Барановський, Є. П. Кириченко,
Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України,
Р. Б. Мотрічук,
Управління ДСНС України у Черкаській області

АНАЛІЗ ПОЖЕЖОВИБУХОНЕБЕЗПЕКИ ПІРОТЕХНІЧНИХ ВИРОБІВ У ПРОЦЕСІ ЇХ ЗБЕРІГАННЯ, ТРАНСПОРТУВАННЯ ТА ЗАСТОСУВАННЯ

Представлено аналіз досліджень пожежовибухонебезпечних уражень різних об'єктів, викликаних передчасним загорянням піротехнічних виробів в процесі їх зберігання, транспортування та застосування.

Ключові слова: піротехнічні вироби, нітратовмісні окислювачі, піротехнічна суміш, нітратно-металеві джерела запалювання.

Вступ. В теперішній час піротехнічні вироби загальнопромислового призначення широко використовуються для проведення видовищних заходів, світлових та шумових ефектів для кіно та телебачення [1, 5, 6, 7, 8, 9, 11]. Для підвищення ефективності загоряння та стабільного розвитку горіння основних зарядів піротехнічних сумішей, що дають спеціальні ефекти (світловий, кольорово-полум'яний, тепловий тощо), якими споряджаються багаточисельні загальнопромислові піротехнічні вироби, а також деякі піротехнічні вироби спеціального призначення (елементи ракетно-космічної техніки, засоби наведення та слідування за наземними та повітряними цілями тощо) широко використовуються замість традиційних джерел запалювання (електродетонатор, вогнепровідна мотузка, електроспалахувач, запал-сірник) нітратно-металеві джерела запалювання. Основою нітратно-металевих джерел запалювання є ущільнені трикомпонентні суміші, які складаються з порошків металів, нітратовмісних окислювачів та технологічних добавок органічних речовин. Це обумовлено тим, що використовувані у джерелах запалювання суміші утворюють продукти згоряння з високими температурами (до 3000...4000 К) та відносним вмістом високотемпературного конденсату (до 0,5...0,7), які генерують теплові потоки на поверхню основних зарядів виробів порядку $2,1 \cdot 10^6 \dots 8,4 \cdot 10^6$ Вт/м², що забезпечує їх надійне спрацьовування. На жаль, недостатньо уваги приділяється питанням забезпечення пожежної безпеки при зберіганні, транспортуванні та застосуванні піротехнічних виробів при наявності зовнішніх термодій [2, 3, 4, 9, 10, 11]. Невиконання необхідних вимог пожежної безпеки під час транспортування, зберігання та застосування піротехнічних виробів призводить до багаточисельних пожеж та вибухів, загибелі та травмуванні людей.

Результати досліджень пожежовибухонебезпечки піротехнічних виробів в процесі їх зберігання, транспортування та застосування. Найбільш характерними інцидентами за останні роки в усьому світі [5, 6, 11, 12] можуть вважатися наступні. В жовтні 1998 р. у Мексиці (м. Тултенек) сталися пожежа та вибух на фабриці з виробництва та зберігання піротехнічних виробів, загинуло 10 людей, 30 поранено. В липні 2000 року у КНР сталися пожежа і, як наслідок, вибух при перевозці піротехнічних виробів, загинуло 65 людей. В грудні 2005 року у Бразилії при передчасному спрацьовуванні в момент пострілу піротехнічний виріб відхилився від заданої траєкторії та впав у натовп, було травмовано 30 людей. В серпні 2009 року в Україні (пос. Яковлевка, Донецька обл.) відбулися пожежа та вибух на складі піротехніки, яку мали використати під час феєрверку на честь відкриття "Донбас-Арени". В липні 2010 року у Криму при пострілі з наземної пускової установки внаслідок передчасного спрацьовування піротехнічного виробу установку було знищено, обслуговуючий персонал отримав серйозні травми. В травні 2010 року у Нідерландах

(м. Енхеле) на складі піротехніки виникли пожежа та вибух, загинуло 22 людини, 600 людей поранено. В січні 2011 року у США на тихоокеанській військово-морській базі під час полігонних випробувань ІЧ-засобів захисту від ракет з тепловими головками самонаведення сталася катастрофа надзвукового винищувача: при пострілах з борту літака піротехнічними засобами декілька з них передчасно спрацювали у небезпечній близькості до нього, що призвело до часткового руйнування хвостової частини корпусу, ушкодження баків з паливом і, відповідно, загоряння літака; при цьому пілоти встигли катапультиватися та отримали тяжкі травми, літак вартістю близько 30 млн. доларів було зруйновано. В липні 2011 року у Туркменістані (м. Абадан) виникли пожежа та вибух на складі піротехніки військової частини; при цьому пожежа виникла в результаті високої температури навколишнього середовища (зовнішня теплова дія). В квітні 2012 року у Росії (м. Чита) виникла пожежа та вибух на складі піротехніки, збитки склали 39,2 млн. рублів. В грудні 2012 року у Нігерії (м. Лагос) на складі піротехніки виникли пожежа та вибух, внаслідок чого зруйновано 9 будівель, згоріло 10 автомобілів, постраждало понад 40 людей. В грудні 2012 року в Україні (м. Маріуполь) на складі, де зберігалися піротехнічні вироби відбулася серія пожеж та вибухів, загинула 1 людина, 14 людей травмовано, нанесено значних матеріальних збитків. В лютому 2013 року у В'єтнамі (м. Хошимін) в результаті пожежі на складі піротехніки відбувся вибух, загинуло 7 людей, повністю зруйновано 3 будівлі. В червні 2013 року в Росії (м. Новокузнецьк) на складі піротехніки відбулося займання з подальшим вибухом, загинуло 2 людини, 2 людини поранено, відбулося руйнування одноповерхової будівлі, в якій знаходився склад.

Типові піротехнічні вироби загальнопромислового призначення. Основою загальнопромислових освітлювальних виробів та піротехнічних ІЧ-випромінювачів є, так званий, освітлювальний елемент (факел, зірка тощо), що являє собою металевий стакан або металевий стакан + півсферичний обтічник, в який запресовується заряд джерела запалювання та основний заряд піротехнічної суміші. Загальний вигляд типових освітлювальних виробів та піротехнічних ІЧ-випромінювачів, а також основні техніко-експлуатаційні характеристики представлено на рис. 1, 2 та табл. 1, 2.

Таблиця 1. Основні техніко-експлуатаційні характеристики освітлюваних виробів [1, 7, 8, 11]

| Калібр виробу, мм | Сила світла, 10^3 св | Час горіння, с | Швидкість зниження освітлювального елемента, м/с |
|-------------------|------------------------|----------------|--|
| 40 | 250 | 32 | 3 |
| 60 | 145 | 75 | 3,5 |
| 81 | 500 | 75 | 3,7 |
| 105 | 450 | 60 | 1,2 |
| 106,7 | 850 | 90 | 1,3 |
| 155 | 1000 | 120 | 1,5 |

При спрацьовуванні освітлювального виробу хвостова частина корпусу відокремлюється від головної, освітлювальний елемент виштовхується з корпусу та одночасно спалахує, а потім спускається на парашуті (є також безпарашутні вироби), освітлює ціль (місцевість, окремі об'єкти тощо). При цьому швидкість пострілу малогабаритних виробів (діаметр 40 мм та менше) перевищує швидкість звуку у декілька разів, тобто при пострілі з пускової установки піддається ударним тепловим діям.

При спрацьовуванні ІЧ-випромінювача відстрілюється обтічник та ініціюється загоряння та горіння основного заряду піротехнічної суміші, в результаті створюється

потужне джерело теплового ІЧ-випромінювання, так звана хибна тепла ціль для систем наведення та спостереження за об'єктами, що літають. Так, піротехнічні ІЧ-випромінювачі практично усі є малогабаритними (діаметр до 25...35 мм) та запускаються у більшості випадків з об'єктів, що летять, швидкість їх пострілу може перевищувати швидкість звуку у декілька разів. Тому піротехнічні ІЧ-випромінювачі при їх застосуванні в умовах пострілу та польоту піддаються інтенсивним ударним тепловим діям.

Таблиця 2. Основні техніко-експлуатаційні характеристики ІЧ-випромінювачів [1, 7, 8, 11]

| Марка випромінювача | Кількість складу освітлювального елемента, кг | Розміри, мм | | Вихідний потік випромінювання, віднесений до одиниці тілесного кута | Час горіння, с |
|---------------------|---|-------------|-----------|---|----------------|
| | | діаметр | довжина | | |
| W111A та B | 0,45 | 25,4 | 225...256 | 150...250 | 40 |
| W211A та B | 0,90 | 50,8 | 334...377 | 1000 | 90 |
| W137 | 0,68 | 35,0 | 228 | 450 | 40 |
| W138 | 0,68 | 35,0 | 228 | 900 | 20 |
| W203A | 0,45 | 50,8 | 197 | 1000 | 40 |
| W203B | 0,50 | 50,8 | 222 | 1000 | 60 |

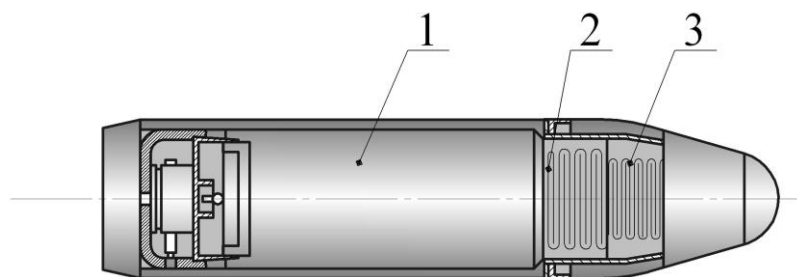


Рис.1. Схематичне зображення освітлювального виробу.

1 – освітлювальний елемент (сталева циліндрична оболонка, в яку запресовані заряд джерела запалювання та основний заряд піротехнічної суміші); 2 – парашут; 3 – пружина для виштовхування системи освітлювальний елемент – парашут з корпусу виробу.

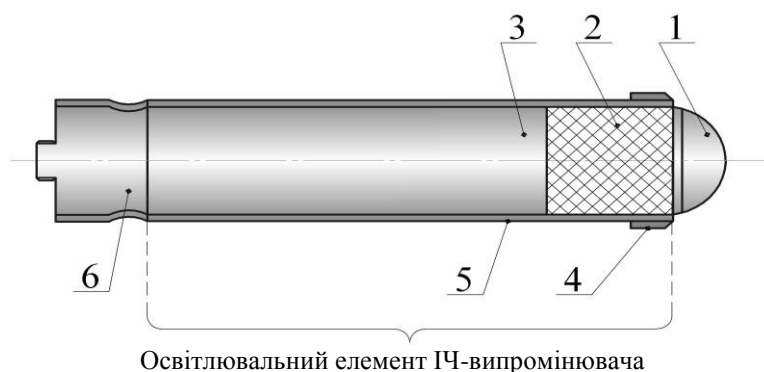


Рис.2. Схематичне зображення піротехнічного ІЧ-випромінювача.

1 – півсферичний обтічник; 2 – заряд джерела запалювання; 3 – основний заряд піротехнічної суміші; 4 – запальні отвори; 5 – металева оболонка; 6 – різьбовий хвостовик для кріплення.

Зовнішні термодії на металеві корпуси піротехнічних виробів, що призводять до їх можливих пожежонебезпечних руйнувань. Як зазначалося вище, розглядувані вироби з нітратно-металевими джерелами запалювання при їх зберіганні та транспортуванні або в умовах пострілу та польоту (запуск з нерухомих наземних установок або з літальних апаратів) можуть піддаватися інтенсивним зовнішнім термодіям (наприклад, в умовах пожежі в складських приміщеннях, де зберігаються вироби, або при їх транспортуванні в умовах спалахування навколишніх легкозаймистих матеріалів з високою температурою полум'я (табл. 3).

В результаті відбувається істотний нагрів найбільш реакційнодатних до підвищених температур зарядів джерел запалювання, що призводить до їх передчасних локальних спалахувань під герметичними корпусами виробів та подальшого розвитку процесу горіння в умовах підвищених температур нагріву та зовнішніх тисків. При цьому, в одних випадках вироби нагріваються без видимих руйнувань, а в інших – відбуваються їх вибухонебезпечні руйнування з утворенням різних чинників пожежі (полум'я або високотемпературний струмінь продуктів згоряння, дисперговані продукти (уламки металевих корпусів, розігріті частини основних зарядів виробів, іскри тощо)).

Таблиця 3. Значення температур полум'їв та ступені їх чорноти основних палих матеріалів [1]

| Пальний матеріал | Температура полум'я, К | Ступінь чорноти |
|---|------------------------|-----------------|
| Торф, мазут | 1273 | 0,88 |
| Деревина, буре вугілля, сира нафта, дизельне паливо, тракторний гас | 1373...1423 | 0,6 |
| Кам'яне вугілля, каучук та вироби з нього, бензин | 1473...1523 | 0,9 |
| Антрацит, сірка | 1573 | 0,6 |
| Горючі гази | 1773...1973 | 0,7 |
| Метали | > 2373...2623 | 0,45 |

Примітка. Діапазон зміни зовнішнього теплового потоку:
 $q_w^{(1)} = 1,5 \cdot 10^5 \dots 2,3 \cdot 10^6 \text{ Вт/м}^2$.

Тому, на стадії проектування та розробки виробів необхідно вміти визначати критичні режими їх нагріву в умовах інтенсивних термодій, перевищення яких призводить до займання зарядів джерел запалювання під металевими корпусами виробів, прискорення процесу їх горіння при підвищених температурах нагріву та зовнішніх тисках, що призводить до передчасного спрацьовування основного заряду піротехнічної суміші та пожежонебезпечних для навколишніх об'єктів (пускові установки з обслуговуючим персоналом, різні будови, легкозаймисті матеріали тощо) руйнувань виробів. Для цього необхідно мати результати теоретичних та експериментальних досліджень процесів зовнішнього нагріву, загоряння та розвитку горіння ущільнених нітратно-металевих сумішей, що складають основу джерел запалювання виробів, з визначенням їх вибухонебезпечних режимів протікання при різних зовнішніх умовах.

Висновки

При проведенні аналізу пожежовибухонебезпеки піротехнічних виробів встановлені причини їх передчасного руйнування в процесі зберігання, транспортування та застосування. Під час проведення досліджень встановлений вплив термічної дії на металеві корпуси загальнопромислових піротехнічних виробів (освітлювальних виробів та ІЧ-випромінювачів)

в вищезазначених умовах застосування та, відповідно, визначені подальші шляхи підвищення пожежної безпеки піротехнічних виробів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Ващенко В. А. Процессы горения металлизированных конденсированных систем / Ващенко В. А., Кириченко О. В., Лега Ю. Г., Заика П. И., Яценко И. В., Цыбулин В. В. – К.: Наукова думка, 2008 – 745 с.
2. Технічний регламент піротехнічних виробів. Затверджений постановою КМУ від 03. 08. 2011 р., № 839.
3. ДСТУ 4105 – 2002. Вироби піротехнічні побутові. Загальні вимоги безпеки. Затверджено наказом Держстандарту України від 12. 06. 2002 р., № 356.
4. ДСТУ 4316 – 2004. Вироби піротехнічні побутового призначення. Вимоги пожежної безпеки і методи випробувань. Затверджено наказом Держстандарту України від 05. 07. 2004 р., № 130.
5. Кириллов Г. Н. Требования пожарной безопасности при обращении пиротехнической продукции. Обзорно-аналитический материал / Кириллов Г. Н., Дешевых Ю. И., Гилетич А. Н., Вогман Л. П., Зуйков В. А., Нестругин А. Н., Пшеничников А. М. – М.: ВНИИПО и ДНД МЧС России, 2010. – 19 с.
6. Маковой В. А. Основные требования пожарной безопасности при обращении пиротехнической продукции // Международный научно-практический журнал «Чрезвычайные ситуации: промышленная и экологическая безопасность», 2011. – № 1 – 3 (6 – 8). с. 13 – 21.
7. Шидловский А. А. Основы пиротехники. – М.: Машиностроение, 1973. – 320 с.
8. Шидловский А. А. Пиротехника в народном хозяйстве / Шидловский А. А., Сидоров А. И., Силин Н. А. – М.: Машиностроение, 1978. – 231 с.
9. Вогман Л. П. Нормирование пожарной опасности фейерверочных пиротехнических изделий бытового назначения / Вогман Л. П., Сотников О. В. // Пожаровзрывобезопасность. – 1998. – № 2. – с. 3 – 11.
10. Кириченко О. В. Пожежонебезпечні термовпливи на поверхню металевих корпусів піротехнічних виробів в умовах пострілу та польоту / Кириченко О. В., Ващенко В. А., Цыбулін В. В. // Проблемы пожарной безопасности. – Харьков: НУГЗУ, 2012. – № 32. – с. 98 – 112.
11. Кириченко О. В. Основи пожежної безпеки піротехнічних нітратовмісних виробів в умовах зовнішніх термовпливів. Монографія / Кириченко О. В., Пашковський П. С., Ващенко В. А., Лега Ю. Г. – К.: Наукова думка, 2012. – 318 с.
12. www.undicz.mns.gov.ua