

С. ГОНЧАР, О. ДІБРОВА,

*Є. ШКОЛЯР, кандидат психологічних наук, Н. КОЗЯР, кандидат наук,
Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України*

ЗАПОБІГАННЯ НЕКОНТРОЛЬОВАНОМУ СПРАЦЬОВУВАННЮ ПІРОТЕХНІЧНИХ СУМІШЕЙ ПІД ЧАС СТРІЛЬБИ ТА ПОЛЬОТУ

В результаті попереднього аналізу передчасного спрацьовування виробів на основі піротехнічних нітратно-металічних сумішей з добавками органічних та неорганічних речовин в умовах зовнішніх термодій, яким піддаються поверхні їх металевих корпусів при різних екстремальних ситуаціях (наприклад, в умовах ударного нагріву корпусів виробів при їх пострілі та польоті), встановлено, що основною причиною пожежовибухонебезпечного спрацьовування виробів є те, що значні температури нагріву їх металевих корпусів (наприклад, температури їх поверхні при використуванні швидкостях обдуву потоком повітря $5 \cdot 10^2 \dots 2 \cdot 10^3$ м/с лежать в діапазонах 730...1650 К (ламінальний режим обтікання) та 840...1850 К (турбулентний режим обтікання)) можуть істотно перевищувати температури спалахування розглядуваних частинок металевого пального (магнію та алюмінію) у активних газоподібних продуктах термічного розкладання окиснювача (нітрату натрію), добавок органічних (парафіну, стеарину, нафталіну, антрацену, уротропіну, метальдегиду, каніфолі, ідитолу) та неорганічних речовин (фторидів металів (LiF, NaF, NiF₂, BaF₂, SiF₂, SrF₂, AlF₃)), що є основними компонентами зарядів піротехнічних сумішей. Це призводить до розвитку процесу горіння заряду піротехнічної суміші під металевим корпусом виробу, тобто в умовах обмеженого об'єму з безперервним збільшенням зовнішнього тиску та температури нагріву суміші компонентів, що веде до прискорення його процесу горіння, переходу його у режим вибухонебезпечного протікання, передчасного спрацьовування виробу та руйнування металевих корпусів, викиду у навколишнє середовище їх високотемпературних залишків, частин суміші, що не згоріли, дисперсних потоків, що іскряться тощо, які є пожежонебезпечними для навколишніх об'єктів та можуть призводити до ураження людей.

Уточнено математичні моделі зовнішніх термоударних впливів надзвукового потоку повітря на півсферичні оболонки зарядів сумішей в умовах запуску та польоту у частині врахування: технологічних параметрів сумішей та їх термомеханічних властивостей; температурних залежностей теплофізичних характеристик сумішей (об'ємної теплоємності, коефіцієнта теплопровідності); розподілу зовнішнього теплового потоку вздовж поверхні оболонки в залежності від режиму обтікання (ламінального, турбулентного), які дозволяють з відносною похибкою 7...9 % визначати розподіли температури вздовж зовнішньої та внутрішньої поверхонь оболонки, що контактує з зарядом суміші, а також по її товщині в залежності від швидкості повітряного потоку для різних режимів обтікання та часу його дії.

В результаті проведених теоретичних досліджень зовнішніх ударних термовпливів надзвукового потоку повітря на поверхню металевих півсферичних оболонок зарядів сумішей встановлено наступні нові закономірності:

для циліндричної металевої оболонки;

для ламінального режиму обтікання максимум зовнішнього теплового потоку знаходиться поблизу її передньої критичної точки ($x=0$, $M = 0$), а для

турбулентного режиму обтікання – цей максимум зміщується від $x = 0$ до $x_{max} = (0,53...0,65)L$ (L – довжина оболонки);

при збільшенні швидкості потоку повітря від $M = 1,5$ до $M = 3,0$ та часу його впливу до 22 с значення максимальної температури зовнішньої поверхні оболонки збільшуються у 2,7...3,5 разу для ламінарного режиму обтікання та у 4,1...5,3 разу – для турбулентного режиму обтікання; при цьому для внутрішньої поверхні оболонки вказане значення температури знижено для ламінарного режиму обтікання у 1,9...2,3 разу, а для турбулентного режиму обтікання – у 2,5...3,1 разу; заміна матеріалу оболонки на більш теплопровідну (сталеву оболонку на мідну) призводить до зростання її температури у 1,4...2,5 разу;

для півсферичної металевої оболонки

для ламінарного режиму обтікання максимальні значення зовнішнього теплового потоку знаходяться поблизу передньої критичної точки оболонки ($\theta = 0^\circ, u_\infty = 0$), а для турбулентного режиму – максимальні значення вказаного потоку вже зміщені від ($\theta = 0^\circ$ до $\theta_{max} = 18...22^\circ$ для досліджуваних швидкостей обдуву потоком повітря $5 \cdot 10^2 \dots 2 \cdot 10^3$ м/с;

збільшення швидкості потоку повітря від 10^3 м/с до $2 \cdot 10^3$ м/с та часу його впливу до 12 с призводить до зростання максимальної температури зовнішньої поверхні оболонки у 1,3...1,6 разу для ламінарного режиму обтікання та у 2,1...3,7 разу – для турбулентного режиму обтікання; при збільшенні відстані від зовнішньої поверхні оболонки до її внутрішньої поверхні значення максимальної температури зменшуються у 1,3...1,4 разу; при цьому у випадку турбулентного режиму обтікання значення максимальної температури як на зовнішній поверхні оболонки, так й на її внутрішній поверхні перевищують її значення перевищують для ламінарного режиму обтікання у 2,4...3,3 разу; заміна оболонки на більш теплопровідну (сталеву на мідну) призводить до підвищення максимальної температури поверхонь оболонки у 1,5...2,3 разу.

Вперше встановлено існування гранично допустимих діапазонів зміни основних параметрів зовнішніх ударних термодій надзвукового потоку повітря на поверхню півсферичних металевих оболонок зарядів сумішей (швидкості обдуву " u_∞ " ^"*", часу його впливу " τ_j " ^"*" ($j = 1, 2, \dots$)), перевищення яких призводить до передчасного саморозігріву зарядів сумішей в результаті процесу екзотермічного окиснення частинок металевих паливних у газоподібних продуктах термічного розкладання окиснювача та добавок органічних та неорганічних речовин, що призводить до їх займань, виникнення горіння в замкнутих об'ємах з подальшим його прискоренням та, в кінцевому підсумку, до передчасного спрацьовування та пожежонебезпечного руйнування піротехнічних виробів з викидом у навколишнє середовище високотемпературних продуктів згорання.

Зіставлення результатів розрахунків температурних полів в металевих корпусах виробів (півсферичні оболонки) при ударних термодіях зовнішнього надзвукового потоку повітря з отриманими експериментальними даними показало, що розроблені математичні моделі на практиці можуть бути використані в якості більш точних методів (відносна похибка знижено до 7...9 % замість 10...15 % – у існуючих методів) для прогнозування небезпечних ділянок на поверхні виробів з максимальними термодіями, де вони піддаються найбільш інтенсивному нагріву; рівнів температур на внутрішній поверхні корпусів виробів, що контактує з зарядами піротехнічних сумішей, та допустимих значень як параметрів зовнішніх термодій, так й технологічних параметрів сумішей шляхом застосування необхідних даних по температурам займання частинок металів в газоподібних продуктах розкладання окиснювача та добавок органічних та неорганічних речовин.