

Strażacy najchętniej korzystają z termowizji w tej fazie akcji gaśniczej. Nie ma już tak wielkiego pośpiechu i stresu jak na początku. Mogą spokojnie przeglądać pogorzelsko, wykrywać miejsca wymagające schłodzenia, rozgarniać nadpalone elementy i szukać nieugaszonych zarzewi ognia. Kamera ułatwia pracę, skraca czas dogaszania i upewnia ratowników, że pożar został definitywnie ugaszony. Dzięki dobremu rozpoznaniu i lokalizacji miejsc wymagających schłodzenia, strażacy podają środek gaśniczy tylko tam, gdzie jest on potrzebny. W efekcie mniejsze jest zużycie środka gaśniczego oraz koszty prowadzonej akcji. Małe szkody materialne wyrządzone przez zalanie, bo strażacy nie leją wody na oślep.

Wnioski

Kamera termowizyjna to już standard wyposażenia Państwowej Straży Pożarnej. Jej zalety zyskują coraz większe uznanie wśród strażaków. Stała się dla nich pożądanym narzędziem wspomagającym działania ratownicze. W działaniach PSP kamera najczęściej wykorzystywana jest pod-

czas gaszenia pożaru. W takich zdarzeniach strażacy wypracowali metody jej wykorzystania. W okolicznościach innego rodzaju stosowana jest sporadycznie i metody jej wykorzystania wymagają dopracowania. Kamera jest instrumentem wspomagającym działania gaśnicze, który: ułatwia prowadzenie akcji; pomaga w ocenie sytuacji pożarowej; zwiększa bezpieczeństwo strażaków; pomaga w odnalezieniu ofiar w zadymieniu i ciemnościach; skraca czas trwania akcji; zmniejsza zużycie środka gaśniczego; zmniejsza straty pożarowe; zmniejsza wysiłek strażaków.

Kamery znajdujące się na wyposażeniu PSP spełniają oczekiwania strażaków. Są właściwie wybrane z bogatej oferty, jaką proponuje rynek. W miarę postępu technologicznego na wyposażeniu jednostek PSP powinny znaleźć się kamery sprzężone z modułem łączności, zapewniającym przekazywanie w czasie rzeczywistym danych do stanowiska kierowania. Ponadto kamery termowizyjne powinny być sprzężone z cyfrowymi aparatami fotograficznymi w celu dokumentowania przebiegu

działań. Strażacy postulują, aby uwolnić ręce operatora i montować kamery na hełmach.

Strażacy ochotnicy odgrywają znaczącą rolę w systemie ratownictwa, szczególnie na terenach wiejskich. Bardzo często jako pierwsi przybywają na miejsce zdarzenia. Nie posiadają kamer termowizyjnych, które są nieocenione podczas wejścia do akcji. W tej najtrudniejszej fazie działań prowadzi się rozpoznanie, poszukuje ofiar pożaru, wykrywa i lokalizuje źródła ognia. Wykonuje się więc czynności, w których kamera jest szczególnie użyteczna. Ochotnicy też powinni być wyposażeni w kamery termowizyjne.

Literatura

- [1] Rybiński J., Durka S., Szajewska A.: Wykorzystanie termowizji w działaniach taktycznych straży pożarnej, *Pomiary Automatyka Kontrola*, nr 9, 2013, s. 888 – 890.
- [2] De Mey G., Więcek B.: *Termowizja w podczterwieni. Podstawy i zastosowania*. Wydawnictwo PAK, Warszawa 2011.
- [3] Pruss W.: Kamery termowizyjne w działaniach straży pożarnej, *W akcji*, nr 3, 2012, s. 12 – 15.

dr inż. Marek Woliński*

Ochrona budynku przez odciążanie wybuchu gazu

Protection of building against gas explosion by means of venting

Streszczenie. Coraz bardziej powszechne stosowanie paliw gazowych do celów bytowych powoduje, że zagrożenie wybuchem gazu pojawia się nie tylko w obiektach zaliczanych do produkcyjno-magazynowych (PM), ale również w budynkach zaliczanych do kategorii zagrożenia ludzi (ZL). Artykuł podejmuje problem odciążania wybuchu jako sposobu ograniczenia skutków wybuchu gazu oddziałujących na konstrukcję budynku i użytkowników budynku.

Słowa kluczowe: wybuch gazu, odciążanie wybuchu, ochrona budynku.

Abstract. More and more common application of gaseous fuels in everyday use causes, that gas explosion hazard emerges not only in industrial premises but also in dwelling houses. Paper discusses problem of gas explosion venting as a mean for reducing of explosion effects influencing building construction and users of the building.

Keywords: gas explosion, explosion venting, building protection.

Paliwa gazowe cechują się wysoką wartością opałową (w stosunku do paliw stałych), a stosowane do nich palniki mają wysoką sprawność, emitują do atmosfery podczas spalania minimalną ilość zanieczyszczeń, w łatwy sposób umożliwiają automatyczne sterowanie procesem spalania. Cechy te sprawiają, że coraz powszechniej stosowane są do celów bytowych. Jednak stwarzają też dla użytkowników potencjalne zagrożenia do

* Szkoła Główna Służby Pożarnej, Wydział Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego

których zaliczyć należy przede wszystkim możliwość wybuchu mieszaniny gazowo-powietrznej powstałej wskutek nieuszczelności instalacji gazowej lub nieprawidłowej obsługi urządzeń gazowych. Środki i sposoby zapobiegania takim zagrożeniom wynikają z odpowiednich przepisów, np. [1, 2], są też dyskutowane w różnych opracowaniach [3], niemniej jednak dane publikowane przez Główny Urząd Nadzoru Budowlanego [4] wykazują, że w ostatnich latach rośnie liczba katastrof budowlanych na skutek wybuchu gazu.

Norma [5] uwzględniająca problem obniżenia zagrożenia wybuchem wskazuje, że pierwszym działaniem powinna być prewencja (zapobieganie) przez unikanie (albo redukcję) atmosfer wybuchowych i/lub źródeł zapłonu w przestrzeniach z atmosferami wybuchowymi. Jeśli jednak w konkretnym przypadku nie jest możliwe zastosowanie środków zapobiegawczych, należy użyć środków ochrony, umożliwiających zminimalizowanie skutków wybuchu (oczywiście przejście do wykorzystania środków ochrony wynika z „zaakceptowa-

nia” możliwości wystąpienia wybuchu). Jednym z takich środków ochrony przed wybuchem jest odciążanie wybuchu. Jednak jeśli ma ono być skuteczne, należy prawidłowo określić powierzchnię elementów odciążających, stosownie do parametrów opisujących chronioną objętość oraz wybuchową mieszaninę gazowo-powietrzną.

Wymiarowanie otworów odciążających

W przypadku budynków (w szczególności zaliczanych do kategorii zagrożenia ludzi ZL) niejako „naturalnymi” otworami odciążającymi są wszelkiego rodzaju przeszklenia pomiędzy pomieszczeniami lub pomiędzy pomieszczeniami a przestrzenią otaczającą budynek. Najprostszy sposób wymiarowania powierzchni tego typu otworu odciążającego (otworów oszklonych szkłem zwykłym) podaje rozporządzenie [1]:

$$A/V > 0,065 \text{ m}^2/\text{m}^3 \quad (1)$$

gdzie:

A – wymagana powierzchnia otworu odciążającego [m^2];
 V – kubatura chronionego przez odciążenie pomieszczenia [m^3].

Zalecenia co do sposobu wymiarowania powierzchni odciążającej podaje także norma [6] „przy okazji” wytycznych obliczania konstrukcji budynku wyposażonego w instalację gazu ziemnego na przeniesienie efektów wewnętrznej eksplozji gazu ziemnego:

$$0,05 \leq A/V \leq 0,15 \text{ m}^2/\text{m}^3 \quad (2)$$

W tabeli przedstawiono wyniki obliczeń powierzchni otworów odciążających z wykorzystaniem zależności (1) i (2), w przypadku różnej kubatury pomieszczeń chronionych przez odciążenie. Wyliczenia wg obu metod dają zbliżone wyniki, jednakże ich zastosowanie nie pozwala na optymalizację doboru powierzchni odciążającej: uzyskuje się informacje co do minimalnej powierzchni albo zakresu, w którym ta powierzchnia powinna się mieścić. W konkretnym przypadku może się okazać, że konstrukcja budynku nie zapewnia możliwości zastosowania wyliczonego otworu (choćby z uwagi na ograniczoną powierzchnię ścian zewnętrznych, w których taki otwór z przeszkleniem można by umiejscowić). Próbą dokładniejszego okre-

ślenia powierzchni otworu odciążającego jest zależność proponowana przez normę [7]:

$$A = \{[(0,1265 \cdot \log(K_G) - 0,0567) p_{red}^{-0,5817}] + [0,1754 \cdot p_{red}^{-0,5722} \cdot (p_{stat} - 0,1 \text{ bar})]\} \cdot V^{2/3} \quad (3)$$

gdzie:

K_G – stała wybuchu gazu [$\text{bar} \cdot \text{m/s}$];
 p_{red} – zredukowane nadciśnienie wybuchu [bar];
 p_{stat} – statyczne nadciśnienie aktywacji urządzenia odciążającego wybuch [bar].

Niestety zależność (3) nie ma zastosowania do powierzchni odciążających w postaci przeszkleń z uwagi na istotne ograniczenie:

$$0,1 \text{ bar} \leq p_{stat} \leq 0,5 \text{ bar} \quad (4)$$

Dostępna literatura, np. [8, 9] podaje bowiem, że zniszczenie powierzchni przeszkłonych (czyli zgodnie z nomenklaturą w opisie zależności (3): p_{stat} – statyczne nadciśnienie aktywacji urządzenia odciążającego wybuch) zachodzi przy nadciśnieniu znacznie niższym niż 0,1 bar (nawet dla przeszkleń z podwójnymi szybami). Dodatkowo, dostępne źródła nie są zgodne co do wartości K_G dla wybuchu mieszaniny metanowo-powietrznej: wg [10] $K_G = 55 \text{ bar} \cdot \text{m/s}$, zaś wg [11] = $66 \text{ bar} \cdot \text{m/s}$.

Wnioski

Zastosowanie odciążenia jako środka ochrony budynku przed wybuchem gazu napotyka podstawową trudność w postaci wymiarowania wymaganej powierzchni odciążającej. Dostępne/zalecane przez przepisy lub normy zależności w tym zakresie nie umożliwiają wyliczenia konkretnych wartości tej powierzchni, a jedynie podają zakres, w którym powinna się mieścić. W realnym przypadku może się okazać, że konstrukcja budynku nie zapewnia możliwości zastosowania wyliczonego otworu. Ponadto należy pamiętać, że odciążenie wybuchu jest środkiem minimalizującym ewentualne skutki wybuchu w przypadku konstrukcji budowlanej – jego zastosowanie dopuszcza możliwość wystąpienia wybuchu w realnych warunkach. Nie jest to jednakże środek pozwalający na uniknięcie oddziaływania skutków wybuchu na użytkowników budynku: jeśli dojdzie do wybuchu, będą oni narażeni na działanie fali ciśnieniowej odbijającej się od sztywnych ścian, podłogi, sufitu (i na-

roży pomiędzy tymi elementami konstrukcyjnymi), płomienia i promieniowania cieplnego, odłamków, toksycznej atmosfery powybuchowej. Można stwierdzić, że zsumowanie tych czynników oddziałujących na organizm człowieka „gwarantuje” ofiary śmiertelne w przypadku wybuchu. Dlatego bezpieczeństwo użytkowników budynku powinno być jednak osiągane przez zastosowanie metod prewencyjnych – najlepiej unikanie atmosfer wybuchowych. W szczególności istotne jest wykrywanie tworzenia takich atmosfer w przypadku nieszczelności instalacji gazowej lub nieszczelności w urządzeniach gazowych. Oszacowane w [12] czasy narastania stężenia gazu palnego do wartości niebezpiecznej wskazują, że wczesne wykrycie wycieku gazu daje czas na podjęcie przez użytkowników budynku działań zapobiegawczych, takich jak: wietrzenie pomieszczenia, zamknięcie dopływu gazu do nieszczelnego fragmentu instalacji czy wręcz sprawną ewakuacja.

Literatura

- [1] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. Dz.U. nr 75 z 2002 r., poz. 690 z późn. zm.
- [2] Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów. Dz.U. nr 109 z 2010 r., poz. 719.
- [3] Krzysztofik P. (red.), Ochrona budynków przed zagrożeniem wybuchem gazu, Główny Instytut Górnictwa, Katowice, 2002.
- [4] www.gunb.gov.pl 01.08.2014.
- [5] PN-EN 1127-1:2013 Atmosfery wybuchowe. Zapobieganie wybuchowi i ochrona przed wybuchem. Część 1: Pojęcia podstawowe i metodyka.
- [6] PN-EN 1991-1-7:2008 Eurokod 1. Oddziaływania na konstrukcje. Część 1-7: Oddziaływania ogólne. Oddziaływania wyjątkowe.
- [7] PN-EN 14994:2007 Systemy zabezpieczające przed odciążeniem wybuchu gazu.
- [8] Taylor & Francis Forensic Science Series. Forensic Investigation of Explosions. Edited by Alexander Beveridge. 2nd ed. CRC Press 2011.
- [9] Chyży T., Metoda analizy budynków mieszkalnych obciążonych nadciśnieniem w strefie wewnętrznego wybuchu gazu, Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok 2009.
- [10] Bartknecht W., Explosionsschutz. Grundlagen und Anwendung. Springer Verlag, Heidelberg 1993.
- [11] Cashdollar K. L. et. all., Flammability of methane, propane, and hydrogen gases, Journal of Loss Prevention in the Process Industries 13 (2000) 327 – 340.
- [12] Woliński M., Zagrożenie wybuchem w obiektach zaliczanych do kategorii zagrożenia ludzi, Przegląd Budowlany 1/2006, str. 43 – 47.

Powierzchnie otworów odciążających

Kubatura pomieszczenia [m^3]	10	20	50	100	200	500	1000
Powierzchnia otworu odciążającego wg [1]: zależność (1) [m^2]	> 0,65	> 1,3	> 3,25	> 6,5	> 13	> 32,5	> 65
Powierzchnia otworu odciążającego wg [6]: zależność (2) [m^2]	0,5 – 1,5	1 – 3	2,5 – 7,5	5 – 15	10 – 30	25 – 75	50 – 150