

## Stale urządzenia gaśnicze gazowe cz.1 – koniec halonów

ml. bryg. mgr inż. Zbigniew Tuzimek - SGSP  
kpt. mgr inż. Przemysław Kubica - SGSP

**Dyrektywa UE 2037/2000 nakłada obowiązek wycofania halonów z istniejących urządzeń gaśniczych do końca 2003 roku. Wielu obecnych użytkowników halonów nie jest na to przygotowanych. W cyklu kolejnych artykułów zostaną przedstawione rodzaje alternatywnych dla halonów czystych środków gaśniczych oraz podstawowe zasady projektowania stałych urządzeń gaśniczych wykorzystujących te środki.**

Kiedy na początku XX wieku zaczęto gasić pożary halonem wydawało się, że oto jest idealny środek gaśniczy dla elektroniki i innego mienia wysokiej wartości. Przemawiały za tym dwa kluczowe argumenty: halon nie powodował żadnych szkód wtórnych i był niezwykle skuteczny przy stężeniach rzędu kilku procent.

Halony to potoczna nazwa chlorowcopochodnych węglowodorów, o krótkich łańcuchach węglowych, zwykle jeden lub dwa węgle w cząsteczce. Ich podstawowe działanie gaśnicze polega na chemicznym oddziaływaniu na reakcję spalania. W strefie płomienia reagują z wolnymi rodnikami, blokując je i w ten sposób zmniejszają szybkość spalania. Odpowiednio duże zredukowanie szybkości reakcji skutkuje obniżeniem temperatury poniżej wartości krytycznej, niezbędnej do podtrzymania reakcji. Liczba w nazwie halonu określa jego budowę, poszczególne cyfry odpowiadają kolejno liczbie atomów węgla, fluoru, bromu, jodu.

Jeszcze do niedawna halon 1301 wypełniał zbiorniki w tysiącach stałych urządzeń gaśniczych w budynkach, samolotach oraz na statkach. Podobnym powodzeniem, tyle że w gaśnicach, cieszył się halon 1211. Z kolei halon 2402, ze względu na dużą masę cząsteczkową, doskonale nadawał się do urządzeń gaszących miejscowo. W ostatnim dziesięcioleciu sytuacja ta uległa zmianie. Gwałtowne zmiany klimatu, powiększająca się dziura ozonowa zmusiły ekologów do poszukiwania winnych tego stanu. Na czarnej liście substancji szkodliwych znalazły się również halony.

### **Banita**

Pierwszym aktem prawnym zmierzającym do eliminacji halonów z użycia był Protokół Montrealski, który Polska ratyfikowała w 1990 roku. Zgodnie z jego postanowieniami od 01.01.1994 obowiązuje zakaz produkcji i sprowadzania halonów do krajów UE, jedynie halony pochodzące z recyklingu mogły być dopuszczone do wykorzystania. Dalsze restrykcje wobec halonów pojawiły się w Dyrektywie Rady Unii Europejskiej nr 2037/2000: od dnia 31.12.2002 – zakazano wykorzystywania jakichkolwiek halonów do ponownego napełniania gaśnic i stałych urządzeń gaśniczych, halony praktycznie powinny być niedostępne na rynku; natomiast do 31.12.2003 – należy wycofać halony z istniejących gaśnic i urządzeń gaśniczych.

Dyrektywa dopuszcza tzw. krytyczne wyjątki, kiedy można wykorzystywać halony. Dotyczą one następujących sytuacji:

#### Halon 1301

1. Zabezpieczanie kabin załogi, silników i luków bagażowych w samolotach.
2. Zabezpieczanie pomieszczenia załogi, silników w okrętach wojennych i wojskowych pojazdach bojowych.

3. Zobojętnianie przestrzeni przewidzianych na przebywanie ludzi, do których może nastąpić wyciek cieczy lub gazów palnych w obiektach wojskowych, petrochemicznych i na statkach towarowych.
4. Zabezpieczanie głównych ośrodków dowodzenia siłami zbrojnymi oraz innymi jednostkami niezbędnymi dla bezpieczeństwa państwa.
5. Zobojętnianie przestrzeni, w których skutkiem pożaru może być skażenie radiologiczne.
6. Zabezpieczanie tunelu pod Kanałem La Manche i instalacji niezbędnych do jego funkcjonowania.

#### Halonu 1211

1. Gaśnice podręczne w kabinach załogi, pomieszczeniu silników, lukach bagażowych samolotów.
2. Gaśnice podręczne stosowane przez straż pożarną, wojsko, policję do ratowania życia płonących osób.

od 01.01.1994 – zakaz produkcji i sprowadzania halonów do krajów UE, dopuszczenie do wykorzystania jedynie halonów pochodzących z recyklingu;  
 od 31.12.2002 – zakaz wykorzystywania jakichkolwiek halonów do ponownego napełniania urządzeń gaśniczych;  
 do 31.12.2003 – wycofanie halonów z istniejących urządzeń gaśniczych.

Zastąpienie halonów innymi środkami gaśniczymi jest przedsięwzięciem związanym z dużymi nakładami finansowymi. Stąd czasookresy wprowadzone w Dyrektywie miały wymusić stopniowe wymienianie halonów, aby uchronić osoby zainteresowane przed nagłym obciążeniem dużymi kosztami. Niestety wielu użytkowników w Polsce opacznie zrozumiało powyższe zapisy, gdyż zamiast systematycznie wdrażać odpowiednie substytuty, z uporem korzystają ze starych urządzeń halonowych. Obowiązujący od początku bieżącego roku zakaz ponownego napełniania urządzeń halonem często bywa omijany pod pretekstem konserwacji bądź legalizacji urządzenia. Nie wszyscy uświadomili sobie, że ostatecznym celem Dyrektywy jest całkowite wycofanie halonów z istniejących urządzeń, na co zostało już tylko kilka miesięcy.

#### Następcy

W laboratoriach naukowych podjęto, zakrojone na szeroką skalę, prace badawcze nad poszukiwaniem gazów gaśniczych, które mogłyby stanowić alternatywy dla halonów. Celem prac było opracowanie środka gaśniczego, który posiadałby stężenia gaszące rzędu 3%, a jednocześnie nie powodowałby szkodliwego oddziaływania na człowieka i atmosferę. Ocena oddziaływania na środowisko przeprowadzana jest głównie na podstawie zdolności do niszczenia ozonu – ODP (Ozone Depletion Potential) przez dany gaz. Natomiast wpływ na człowieka charakteryzowany jest poprzez najwyższe stężenia, przy których jeszcze nie obserwuje się negatywnego skutku – NOAEL (No Observed Adverse Level) oraz najniższe stężenia, przy których stwierdzono niekorzystny skutek toksyczny – LOAEL (Lowest Observed Adverse Level).

ODP – potencjał niszczenia ozonu – maksymalna wartość dopuszczalna przez EPA wynosi 0,2;  
 NOAEL – najwyższe stężenie, przy którym nie jest obserwowane szkodliwe oddziaływanie na człowieka  
 LOAEL – najniższe stężenia, przy którym stwierdzono niekorzystne oddziaływanie na człowieka

Niestety nie udało się jak dotąd opracować środka, który można by stosować bezpośrednio w miejsce halonów w urządzeniach gaśniczych, bez konieczności wymiany zbiorników i rurociągów rozprowadzających. Poszukiwania gazów gaśniczych, które mogły by stanowić alternatywy dla halonów, doprowadziły do wyodrębnienia dwóch głównych grup, są to: chlorowcopochodne węglowodorów oraz gazy obojętne. Zgodnie z nomenklaturą wprowadzoną w normie NFPA 2001 [1], obie grupy określa się jednym mianem „czyste środki gaśnicze”.

*Chlorowcopochodne węglowodorów* nazywane są potocznie zamiennikami halonów, ponieważ posiadają szereg cech wspólnych z halonami. Stężenia gaszące zamienników mieszczą się w granicach 3 do 11 %, w zależności od rodzaju gazu. Przy niewielkich ciśnieniach (23 do 66 bar) ulegają skropleniu, dzięki czemu mogą być magazynowane na niewielkich powierzchniach, a ponadto wymagania wobec zbiorników i rurociągów są odpowiednio łagodniejsze. Ze względu na małą prężność par, w pewnych przypadkach wymagają dodatkowej butli z azotem, który pełni funkcję gazu wyrzucającego. Po wyładowaniu zamiennika do pomieszczenia następuje jego gwałtowne odparowanie, co powoduje wytrącenie pary wodnej i chwilowe zamglenie w pomieszczeniu. Slogany reklamowe przekonujące, że przebywając w pomieszczeniu zabezpieczonym zamiennikiem można nie zauważyć zadziałania urządzenia gaśniczego są grubo przesadzone. Istotną wadą zamienników jest szybki rozkład termiczny, przy którym powstaje fluorowodór HF. Związek ten jest szkodliwy zarówno dla człowieka, jak i sprzętu elektronicznego. Dlatego dąży się do jak najszybszego ugaszenia pożaru przez zamienniki, aby zminimalizować ilość tworzącego się fluorowodoru.

*Gazy obojętne* posiadają cechy zdecydowanie różne od halonów, przede wszystkim stężenia gaszące mieszczą się w okolicach 30 – 50%. Podczas magazynowania pozostają w stanie gazowym, stąd zajmują znacznie większe objętości i wymagają wyższych ciśnień (150-300 bar) a grubsze ścianki zbiorników zwiększają masę całego urządzenia. W zasadzie jedyne co ich łączy z halonami to brak szkód wtórnych spowodowanych gaszeniem. Ich podstawowa zaleta wynika z faktu, że posiadają całkowicie naturalne pochodzenie, stąd brak ujemnego wpływu na środowisko, ponadto nie ulegają rozkładowi termicznemu.

W tabeli 1 przedstawiono parametry aktualnie stosowanych czystych środków, uznawanych przez normę NFPA 2001 oraz halonu 1301.

Tabela 1. Podstawowe parametry czystych środków gaśniczych i halonu [1], [4]

ZAM IENNIKI HALONÓW	nazwa handlowa	nazwa funkcjonująca w NFPA	skład chemiczny	gęstość gazu war nor [kg/m <sup>3</sup> ]	O D P	NOAEL	LOAEL	stężenie gaszące w palniku
	halon 1301	halon 1301	CF <sub>3</sub> Br	6,283	10	5	7	3
	CEA 308	FC-2-1-8	C <sub>3</sub> F <sub>8</sub>	7,905	0	30	>30	6,5
	CEA 410	FC-3-1-10	C <sub>4</sub> F <sub>10</sub>	9,85	0	40	>40	5,5
	S III	HCFC Blend A	CHCl <sub>2</sub> CF <sub>3</sub> (4,75%) CHClF <sub>2</sub> (82%) CHClFCF <sub>3</sub> (3,75%)	3,84	0,04	10	>10	9,9
	FM 200 FE 227	HFC-227 ea	CF <sub>3</sub> CHFCF <sub>3</sub>	7,260	0	9	10,5	6,5
	FE 241	HCFC-124	CHClFCF <sub>3</sub>	5,83	0,02	1	2,5	6,6
	FE 25	HFC-125	CHF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	5,06	0	4,5	10	8,7
	FE 13	HFC-23	CHF <sub>3</sub>	2,915	0	50	>50	12,9
	FE 36	HFC-236 fa	CF <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	6,545	0	10	15	6,3
	FIC 1311	FIC-1311	CF <sub>3</sub> I	8,051	0	0,2	0,4	3,2
GAZY OBOJĘTNE	Argon	IG-01	Ar	1,7	0	43	52	42
	Nitrogen	IG-100	N <sub>2</sub>	1,165	0	43	52	31
	Inergen	IG-541	N <sub>2</sub> (52%) Ar (40%) CO <sub>2</sub> (8%)	1,430	0	43	52	31
	Argonit	IG-55	N <sub>2</sub> (50%) Ar (50%)	1,41	0	43	52	35

Na terenie Polski można stosować jedynie te urządzenia na czyste środki gaśnicze, które posiadają certyfikat zgodności wydany przez CNBOP. Obecnie certyfikat zgodności posiadają urządzenia wykorzystujące FM 200, CEA 410, S III (jednostkowe zastosowanie) oraz Argonit, Inergen, Argon.

### Outsider

Nieco na uboczu pozostaje dwutlenek węgla, gaz którego historia zastosowań w ochronie przeciwpożarowej sięga, podobnie jak w przypadku halonów, początku XX wieku. Skuteczność gaśnicza urządzeń na dwutlenek węgla była wielokrotnie potwierdzona w rzeczywistych sytuacjach, niestety potwierdzony jest również jego szkodliwy, często zabójczy, wpływ na człowieka. Zgodnie z danymi EPA [5], wskutek zadziałania urządzeń na dwutlenek węgla lub ich nieprawidłowej konserwacji, w latach 1945 do 2000 zanotowano 119 ofiar śmiertelnych. Ponadto CO<sub>2</sub> po wyładowaniu tworzy z wodą zawartą w powietrzu nietrwały kwas węglowy, który może szkodliwie oddziaływać na elektronikę. Nie oznacza to bynajmniej, że gaz ten jest wycofywany z użycia. Jego podstawowym atutem jest niska cena, która powoduje, że na listach referencyjnych firm instalujących stałe urządzenia gaśnicze gazowe ciągle przybywa urządzeń na dwutlenek węgla.

## Zakres stosowania

Czyste środki gaśnicze posiadają dwie znamienne cechy: nie przewodzą prądu elektrycznego oraz nie pozostawiają żadnych zanieczyszczeń po wyładowaniu. Dzięki temu znajdują szerokie zastosowanie w zabezpieczaniu pomieszczeń ze sprzętem elektronicznym i innymi urządzeniami pod napięciem oraz wszędzie tam gdzie przechowywane jest mienie wysokiej wartości. Zalecane są do stosowania w przypadku pomieszczeń z palnymi cieczami i gazami, przy czym znakomicie nadają się zarówno do gaszenia zaistniałego pożaru, jak również do zubożenia atmosfery, co ma uniemożliwić powstanie pożaru oraz nie dopuścić do wybuchu.

Ograniczenia w stosowaniu czystych środków dotyczą grup związków chemicznych, charakteryzujących się dużą reaktywnością, bądź możliwością podtrzymywania reakcji spalania bez odpływu tlenu, w szczególności: azotan celulozy i proch strzelniczy, lit, potas, sól, magnez, tytan, uran, pluton, wodorotlenki metali, nadtlenki organiczne.

Innego rodzaju ograniczenie stanowi brak wytycznych do projektowania dla urządzeń miejscowego działania. Projektowanie, montaż i użytkowanie stałych urządzeń gaśniczych na czyste środki powinny przebiegać zgodnie z jednym z dwóch obecnie obowiązujących standardów, mianowicie: NFPA 2001 Standard for Clean Agent Fire Extinguishing Systems 2000 Edition lub ISO 14520 Gaseous fire-extinguishing systems. W Polsce nie ma odpowiednika żadnej z powyższych norm, w związku z czym należy sięgać do oryginałów, a te dotyczą jedynie urządzeń działających przez całkowite wypełnienie. W związku z tym przestrzeń zabezpieczana urządzeniem na czyste środki powinna być obudowana stałymi ścianami, o odpowiedniej szczelności, dzięki czemu będzie możliwe uzyskanie stężenia projektowego i utrzymanie przez odpowiedni okres czasu.

## Bezpieczeństwo

Wyładowanie zamiennika halonu może powodować zagrożenie dla zdrowia i życia człowieka związane z naturalnymi cechami środka, jak również z produktami jego rozkładu termicznego – głównie fluorowodorem. Dlatego należy unikać jakiegokolwiek zbędnego narażenia ludzi na działanie zamienników halonów, nawet jeżeli będą to stężenia niższe od NOAEL. W tym celu stosuje się odpowiednie czasy zwłoki między alarmem a wyładowaniem. W szczególności, jeżeli w przestrzeniach, w których normalnie przebywają ludzie, stężenia projektowe przekraczają NOAEL wówczas dopuszczalne czasy narażenia zależne są od rodzaju środka, np. dla FM 200 wartości te przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Dopuszczalny czas narażenia w zależności od stężenia FM 200 [1]

Stężenie projektowe [% obj]	Dopuszczalny czas narażenia [min]
9.0	5.0
9.5	5.0
10.0	5.0
10.5	5.0
11.0	1.13
11.5	0.60
12.0	0.49

W przypadku gdy informacje o dopuszczalnych czasach narażenia nie są dostępne należy stosować następujące zalecenia:

1. Jeżeli czas opuszczenia pomieszczenia mieści się w granicach 30 – 60 sekund, stężenie projektowe nie powinno przekraczać LOAEL,
2. Stężenia przekraczające LOAEL mogą stosowane jedynie w pomieszczeniach, gdzie w normalnych warunkach nie przebywają ludzie, przy zapewnieniu, że każdy człowiek przebywający w danym obszarze będzie mógł się ewakuować w ciągu 30 sekund.

Zagrożenie ze strony gazów obojętnych związane jest jedynie z możliwością uduszenia, wskutek nadmiernego obniżenia stężenia tlenu. Przyjmuje się, że przy stężeniu tlenu nie mniejszym

niż 12%, co odpowiada 43% gazu obojętnego, człowiek nie ponosi uszczerbku na zdrowiu. Szkodliwe oddziaływanie na człowieka ma miejsce wówczas gdy stężenie tlenu jest mniejsze od 10% (52% gazu obojętnego w atmosferze). W zależności od stężenia projektowego zaleca się stosowanie następujących zasad:

- (a) Urządzenia na gazy obojętne zaprojektowane na stężenia poniżej 43 % mogą być dopuszczone jeżeli:
  1. W pomieszczeniu normalnie przebywają ludzie.
  2. Zapewniono takie rozwiązania, że czas narażenia na działanie środka nie będzie dłuższy niż 5 minut.
- (b) Urządzenia na gazy obojętne zaprojektowane na stężenia pomiędzy 43 i 52 % mogą być dopuszczone jeżeli:
  1. W pomieszczeniu normalnie przebywają ludzie.
  2. Zapewniono takie rozwiązania, że czas narażenia na działanie środka nie będzie dłuższy niż 3 minut.
- (c) Systemy na gazy obojętne zaprojektowane na stężenia pomiędzy 52 i 62 % mogą być dopuszczone jeżeli:
  1. W pomieszczeniu normalnie przebywają ludzie.
  2. Zapewniono takie rozwiązania, że czas narażenia na działanie środka nie będzie dłuższy niż 30 sekund.
- (d) Systemy na gazy obojętne zaprojektowane na stężenia powyżej 62 % mogą być dopuszczone jedynie w pomieszczeniach, gdzie nie przebywają ludzie.

Bez względu na wartość stężenia projektowego w każdym przypadku należy przedsięwziąć odpowiednie zabezpieczenia w celu zapewnienia szybkiej ewakuacji, zabezpieczenia przed przypadkowym wejściem do pomieszczeń o niebezpiecznej atmosferze, a także środki umożliwiające podjęcie natychmiastowej akcji ratunkowej odciętego personelu.

Poniżej przedstawiono zalecenia NFPA 2001, zwiększające bezpieczeństwo personelu. Nie są to wymagania obligatoryjne, a jedynie propozycja do zastosowania.

- (a) Zapewnić i właściwie utrzymywać drogi i przejścia ewakuacyjne.
- (b) Zapewnić oświetlenie bezpieczeństwa i jeżeli potrzeba znaki kierunkowe dla zapewnienia szybkiej i bezpiecznej ewakuacji.
- (c) Zapewnić alarmy w zabezpieczanych przestrzeniach, działające natychmiast po detekcji ognia.
- (d) W wyjściach z przestrzeni zagrożonych stosować drzwi otwierające się na zewnątrz, z samozamykaczami, a tam, gdzie drzwi wyposażone są w zamki zatrzaskowe instalować zamki przeciwpaniczne.
- (e) Zapewnić alarmy ciągłe przy wejściach do chronionych przestrzeni, które będą trwały tak długo aż atmosfera w przestrzeni zostanie doprowadzona do warunków normalnych.
- (f) Zapewnić znaki ostrzegawcze oraz instrukcyjne przy wejściach do chronionych przestrzeni. Znaki te powinny informować poszczególne osoby wchodzące do tych przestrzeni, że zainstalowano stałe urządzenie gaśnicze gazowe i powinny również zawierać zestaw dodatkowych informacji dotyczących warunków zagrożenia ludzi.
- (g) Zorganizować system poszukiwania i ratowania osób, które mogły stracić przytomność w chronionych przestrzeniach. Należy w związku z tym zapewnić personel przeszkolony w udzielaniu pomocy, łącznie resuscytacją krążeniowo - oddechową, wyposażony w sprzęt ochrony dróg oddechowych, który w każdej chwili będzie gotowy do podjęcia działań.
- (h) Należy opracować instrukcję bezpieczeństwa i przeszkolić cały personel przebywający w chronionej przestrzeni albo w jej otoczeniu, włączając w to personel konserwacyjno-naprawczy, który może się znajdować w chronionej przestrzeni, aby zapewnić ich prawidłową reakcję, kiedy zadziała urządzenie gaśnicze.

(i) Opracować metodę wentylacji chronionych przestrzeni, która odprowadzi gazy po ugaszeniu pożaru i upływie czasu retencji. Należy się starać o odprowadzenie gazów na zewnątrz budynku, a nie do pomieszczeń znajdujących się obok.

(j) Należy wprowadzić zakaz palenia tytoniu dopóki atmosfera w pomieszczeniu nie zostanie całkowicie oczyszczona z gazu gaśniczego.

(k) Rozważyć wszelkie inne przedsięwzięcia i środki zabezpieczające, które mogą poprawić bezpieczeństwo osób narażonych na działanie gazu gaśniczego, jak szkolenie personelu, znaki ostrzegawcze, alarmy ewakuacyjne, aparaty uciezkowe, plany ewakuacyjne i ćwiczenia przeciwpożarowe.

Ponadto konieczne jest dokonanie analizy możliwości przepływu środka gaśniczego do obszarów przylegających do przestrzeni zabezpieczanej, gdyż w skrajnych przypadkach może powstać stężenie powyżej LOAEL w pomieszczeniach sąsiednich, nawet jeżeli stężenie projektowe w zabezpieczanym pomieszczeniu nie przekracza NOAEL. Analiza taka nie jest łatwa do przeprowadzania, wymaga znajomości powierzchni szczelności w pomieszczeniu, przez które będzie wyciekał gaz gaśniczy. Temat ten będzie rozwinięty w kolejnych artykułach.

### **Literatura:**

1. NFPA 2001 Standard for Clean Agent Fire Extinguishing Systems. 2000 Edition
2. J. O'Sullivan "Rising the challenge", Fire Prevention 04/2001
3. ISO-14520-1 „Gaseous fire-extinguishing systems – Physical properties and system design – Part 1: General requirements. First edition 2000-08-01
4. Praca zbiorowa pod redakcją B. Kucnerowicz – Polak „Alternatywne technologie gaszenia. Redukcja stosowania halonów.” Komenda Główna Państwowej Straży Pożarnej, Warszawa 1998 r.
5. Carbon Dioxide as a Fire Suppressant: Examining the Risks. U.S. Environmental Protection Agency. February 2000