

Robert Śliwiński^{a)*}

^{a)} *Scientific and Research Centre for Fire Protection – National Research Institute / Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej – Państwowy Instytut Badawczy*

^{*} *Corresponding author / Autor korespondencyjny: rsliwinski@cnbop.pl*

Condensed Aerosol Generators in Fire Safety of Buildings. Part 1 – Analysis of Normative and Legal Documents

Generatory skondensowanego aerozolu w ochronie przeciwpożarowej obiektów budowlanych. Część 1 – analiza dokumentów normatywnych i prawnych

ABSTRACT

Purpose: The aim of this paper is to present the construction and principle of operation of condensed aerosol generators, as well as a review of their selected characteristics, confirmed in the process of assessment and verification of constancy of performance. The paper describes selected laboratory tests, including those specific to Group A, B and C fires.

Introduction: Fixed firefighting systems, in addition to detection systems (fire alarm system) and alarm systems (voice evacuation systems), are one of the pillars of the safety of today's erected, increasingly complex buildings. However, unlike these detection and alarm systems, fire extinguishing systems based on condensed aerosol generators focus on providing an adequate level of protection for property, as they are dedicated to spaces that are not normally occupied. For this reason, emphasis is placed on the reliability of the generators, whose only task is to trigger appropriately at a specific time and fill the protected area with aerosol.

Methodology: The theoretical research, such as analysis of literature and legal documents, synthesis, generalisation, inference, comparison and analogy, was used in the development of the paper. A review of selected characteristics validated in the process of assessment and verification of constancy of performance of the analysed products was carried out. Research processes relating to selected parameters of the generators and inherent in the conformity assessment of construction products are presented.

Conclusions: It should be noted that, irrespective of their main purpose, condensed aerosol generators, which are a key component of aerosol fire extinguishing kits, can be crucial not only with regard to the safety of the buildings themselves, but also of their users, influencing the containment of a fire in the extinguishing zone where they are installed. Also, important is the awareness of owners and managers of building structures equipped with condensed aerosol generators. Their particular attention should be directed to the specifics of the generator itself and their knowledge of its operating principles. In the next stages of the work, it will be crucial to define the basics related to the connection of the generators to the installation forming a fixed firefighting system, to identify and describe issues related to design, installation and maintenance, and to identify the risks related to the potential exposure of the users of built structures to the extinguishing aerosol.

Keywords: firefighting, condensed aerosol generators, aerosol extinguishing kits, extinguishing agents

Type of article: review article

Received: 22.10.2024; Reviewed: 16.12.2024; Accepted: 22.12.2024;

Author's ORCID ID: R. Śliwiński – 0000-0002-7309-1332;

Please cite as: SFT Vol. 64 Issue 2, 2024, pp. 102–126, <https://doi.org/10.12845/sft.64.2.2024.7>;

This is an open access article under the CC BY-SA 4.0 license (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).

ABSTRAKT

Cel: Celem pracy jest przedstawienie budowy i zasady działania generatorów skondensowanego aerozolu, a także przegląd ich wybranych cech, potwierdzonych w procesie oceny i weryfikacji stałości właściwości użytkowych. W artykule opisano wybrane badania laboratoryjne, w tym właściwe dla pożarów grupy A, B oraz C.

Wprowadzenie: Stałe urządzenia gaśnicze, obok systemów detekcji (system sygnalizacji pożarowej) i alarmowania (dźwiękowe systemy ostrzegawcze), stanowią jeden z filarów bezpieczeństwa wznoszonych współcześnie, coraz bardziej skomplikowanych obiektów budowlanych. W odróżnieniu jednak od wymienionych systemów detekcji i alarmowania instalacje gaśnicze oparte na generatorach skondensowanego aerozolu skupiają się na zapewnieniu odpowiedniego poziomu zabezpieczenia mienia, gdyż dedykowane są przestrzeniom, w których w normalnych warunkach użytkowania nie przebywają

ludzie. Z tego powodu nacisk kładzie się na niezawodność generatorów, których jedynym zadaniem jest odpowiednie zadziałanie w określonym czasie i wypełnienie chronionej strefy aerozolem.

Metodologia: W ramach pracy nad artykułem wykorzystano badania teoretyczne, takie jak: analiza literatury i dokumentów prawnych, synteza, uogólnianie, wnioskowanie, porównanie oraz analogia. Dokonano przeglądu wybranych cech potwierdzanych w procesie oceny i weryfikacji stałości właściwości użytkowych analizowanych wyrobów. Przedstawiono procesy badawcze odnoszące się do wybranych parametrów generatorów oraz będące nieodłącznym elementem oceny zgodności wyrobów budowlanych.

Wnioski: Należy zaznaczyć, że niezależnie od ich głównego przeznaczenia generatory skondensowanego aerozolu, będące kluczowym podzespołem aerozolowych zestawów gaśniczych, mogą mieć zasadnicze znaczenie nie tylko w odniesieniu do bezpieczeństwa samych obiektów budowlanych, ale również ich użytkowników, wpływając na zatrzymanie pożaru w strefie gaszenia, w której je zainstalowano. Nie mniej istotna jest świadomość właścicieli i zarządców obiektów budowlanych wyposażonych w generatory skondensowanego aerozolu. Ich szczególna uwaga powinna być skierowana na specyfikę działania samego generatora oraz znajomość zasad jego działania. Na dalszych etapach prac kluczowe będzie określenie podstaw związanych z połączeniem generatorów z instalacją tworzącą stałe urządzenie gaśnicze, określenie i opisanie zagadnień związanych z projektowaniem, instalowaniem i konserwacją oraz określenie zagrożeń związanych z potencjalnym narażeniem użytkowników obiektów budowlanych na aerozol gaśniczy.

Słowa kluczowe: gaszenie pożarów, generatory skondensowanego aerozolu, aerozolowe zestawy gaśnicze, środki gaśnicze

Typ artykułu: artykuł przeglądowy

Przyjęty: 22.10.2024; **Zrecenzowany:** 16.12.2024; **Zaakceptowany:** 22.12.2024;

Identyfikator ORCID autora: R. Śliwiński – 0000-0002-7309-1332;

Proszę cytować: SFT Vol. 64 Issue 2, 2024, pp. 102–126, <https://doi.org/10.12845/sft.64.2.2024.7>;

Artykuł udostępniany na licencji CC BY-SA 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).

Introduction

“The Montreal Protocol is a model example of cooperation. It is the result of the recognition and international consensus that ozone depletion is a global problem, both in terms of causes and effects. The Protocol is the result of a remarkable process of scientific research, negotiations between representatives of the business and environmental communities and international diplomacy. It is a monumental achievement” [1].

President Ronald Reagan
1988

With the above words, President Ronald Regan summed up the signing of the Montreal Protocol. This was the beginning of the phase-out of halon – due to its contribution to ozone depletion – despite the fact that this gas was (and is) one of the more effective firefighting gases. Halon 1211 was commonly used in portable fire extinguishers, while halon 1301 was used in fixed firefighting systems.

Halons are fully halogenated chemical compounds that have a relatively long life in the atmosphere. They decompose in the stratosphere, resulting in the release of reactive bromine, which is extremely harmful to ozone. It is estimated that chemical reactions involving bromine account for a quarter of all reactions responsible for ozone destruction over Antarctica and half of the harmful reactions occurring over the Arctic. The ozone-depletion potential of halons is up to 10 times greater than that of chlorofluorocarbons (CFC). As such, halons are very aggressive ozone-depleting chemicals. One kilogram of halon 1211 can destroy 50 tonnes of ozone [2].

One consequence of the halon phase-out has been the search for other equally effective fire-fighting methods. One of these is the use of firefighting aerosols and the generators used to disperse them into the protected space. This review introduces the key features of condensed aerosol (fire) extinguishing systems

Wstęp

„Protokół montrealcki jest modelowym przykładem współpracy. Jest wynikiem uznania i międzynarodowego konsensusu, że zubożenie warstwy ozonowej jest problemem globalnym, zarówno pod względem przyczyn, jak i skutków. Protokół jest wynikiem niezwykłego procesu badań naukowych, negocjacji między przedstawicielami społeczności biznesowych i środowiskowych oraz międzynarodowej dyplomacji. Jest to monumentalne osiągnięcie” [1].

Prezydent Ronald Reagan
1988

Powyższymi słowami prezydent Ronald Regan podsumował podpisanie protokołu montrealckiego. Był to początek wycofywania z użycia halonu – ze względu na jego udział w niszczeniu warstwy ozonowej – pomimo że gaz ten był (i jest) jednym ze skuteczniejszych gazów gaśniczych. Halon 1211 był powszechnie stosowany w przenośnych gaśnicach, natomiast halonu 1301 używano w stałych urządzeniach gaśniczych.

Halony są w pełni halogenowanymi związkami chemicznymi, które mają stosunkowo długi czas życia w atmosferze. Ulegają rozkładowi w stratosferze, w wyniku czego uwalniany jest reaktywny brom, który jest niezwykle szkodliwy dla ozonu. Szacuje się, że reakcje chemiczne z udziałem bromu stanowią jedną czwartą wszystkich reakcji odpowiedzialnych za niszczenie ozonu nad Antarktydą oraz połowę szkodliwych reakcji zachodzących nad Arktyką. Potencjał halonów do niszczenia ozonu jest do 10 razy większy niż potencjał chlorofluorowęglodorów (CFC). Halony jako takie są bardzo agresywnymi substancjami chemicznymi zubożającymi warstwę ozonową. Jeden kilogram halonu 1211 może zniszczyć 50 ton ozonu [2].

Konsekwencją wycofania halonu było m.in. poszukiwanie innych równie skutecznych metod zwalczania pożarów. Jedną z nich jest stosowanie aerozoli gaśniczych i generatorów wykorzystywanych do ich dyspersji w chronionej przestrzeni. W niniejszym

being fixed firefighting systems – aerosol (SUG-A). The fire phenomenon and the groups of fires to which an aerosol system can be dedicated, the extinguishing mechanism and the design of a typical condensed aerosol generator are presented from the ground up. In addition, selected aspects of the research methodology related to laboratory testing, which is part of the process of assessment and verification of constancy of performance, are presented.

Condensed aerosol generators in fire protection

Placing a construction product on the market

In accordance with the Act of 16 April 2004 on construction products (Journal of Laws 2021, item 1213), these products may be placed on the market under two separate articles of the Act. Article 5 describes the three paths for the marketing of a construction product. Moreover, the so-called unit application is described in art. 10 of the Act.

According to art. 5 para. 1 of the aforementioned Act: “A construction product covered by a harmonised standard or conforming to a European Technical Assessment issued for it may only be placed on the market or made available on the national market in accordance with Regulation No 305/2011. The model for the CE marking is set out in Annex II to Regulation (EC) No 765/2008 of the European Parliament and of the Council of 9 July 2008 setting out the requirements for accreditation and market surveillance relating to the marketing of products and repealing Regulation (EEC) No 339/93 (EU L 218 of 13.08.2008, p. 30)”. As no standards or ETAs harmonised with Regulation 305/2011 have been published, the use of this method is not possible at present.

Pursuant to para. 2. A construction product which is not covered by a harmonised standard, for which the coexistence period referred to in art. 17 para. 5 of Regulation No 305/2011 has ended, and for which no European technical assessment has been issued, may be placed on the market or made available on the national market if it is marked with a construction mark, the design of which is set out in Annex 1 to the Act. The application of this paragraph of the Act in practice boils down to marking the product with a construction mark following a process of national assessment and verification of constancy of performance, on the basis of a technical reference document in the form of Polish Standard PN-EN 15276-1:2019-07 – only for condensed aerosol generators – or a national technical assessment in the group Fire suppression and extinguishing systems – kits: aerosol fire extinguishing kits. A kit means a construction product placed on the market by a single manufacturer as a set of at least two separate components that need to be put together to be incorporated in construction works. An example of an aerosol extinguishing kit is the combination of a condensed aerosol generator and a control and indicating device, which can operate in one or more enclosures. In Poland, the bodies which have the possibility within the scope of accreditation to issue a national certificate of performance on the basis of a Polish Standard or the national

przeglądzie przybliżono kluczowe cechy generatorów skondensowanego aerozolu (ang. *condensed aerosol (fire) extinguishing systems*) należących do stałych urządzeń gaśniczych aerozolowych (SUG-A). Od podstaw przedstawiono zjawisko pożaru oraz grupy pożarów, którym dedykowany może być system aerozolowy, mechanizm gaszenia oraz budowę typowego generatora skondensowanego aerozolu. Zaprezentowano ponadto wybrane aspekty metodyki badawczej, związane z badaniami laboratoryjnymi, które są elementem procesu oceny i weryfikacji stałości właściwości użytkowych.

Generatory skondensowanego aerozolu w ochronie przeciwpożarowej

Wprowadzenie wyrobu budowlanego do obrotu

Zgodnie z ustawą z dnia 16 kwietnia 2004 r. o wyrobach budowlanych (Dz.U. 2021 poz. 1213) wyroby te mogą być wprowadzane do obrotu na podstawie dwóch osobnych artykułów ustawy. W artykule 5 opisano trzy ścieżki wprowadzenia do obrotu wyrobu budowlanego. Natomiast tzw. jednostkowe zastosowanie opisuje artykuł 10 ustawy.

Zgodnie z art. 5 ust. 1 przywołanej powyżej ustawy: „Wyrób budowlany objęty normą zharmonizowaną lub zgodny z wydaną dla niego europejską oceną techniczną może być wprowadzony do obrotu lub udostępniany na rynku krajowym wyłącznie zgodnie z Rozporządzeniem nr 305/2011. Wzór oznakowania CE określa załącznik II do rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 765/2008 z dnia 9 lipca 2008 r., ustanawiającego wymagania w zakresie akredytacji i nadzoru rynku, odnoszące się do warunków wprowadzania produktów do obrotu i uchylającego rozporządzenie (EWG) nr 339/93 (Dz. Urz. UE L 218 z 13.08.2008, s. 30)”. Ponieważ nie opublikowano norm lub EOT zharmonizowanych z rozporządzeniem nr 305/2011, wykorzystanie tej metody na dzień dzisiejszy nie jest możliwe.

Zgodnie z ust. 2 Wyrób budowlany nieobjęty normą zharmonizowaną, dla której zakończył się okres koegzystencji, o którym mowa w art. 17 ust. 5 rozporządzenia nr 305/2011, i dla którego nie została wydana europejska ocena techniczna, może być wprowadzony do obrotu lub udostępniany na rynku krajowym, jeżeli został oznakowany znakiem budowlanym, którego wzór określa załącznik nr 1 do ustawy. Zastosowanie tego ustępu ustawy w praktyce sprowadza się do oznakowania wyrobu znakiem budowlanym po przeprowadzeniu procesu krajowej oceny i weryfikacji stałości właściwości użytkowych, na podstawie technicznego dokumentu odniesienia w postaci Polskiej Normy PN-EN 15276-1:2019-07 – wyłącznie dla generatorów skondensowanego aerozolu lub krajowej oceny technicznej w grupie Systemy tłumienia i gaszenia pożaru – zestawy: zestawy gaśnicze aerozolowe. Zestaw oznacza wyrób budowlany wprowadzony do obrotu przez jednego producenta jako zestaw co najmniej dwóch odrębnych składników, które muszą zostać połączone, aby mogły zostać włączone w obiektach budowlanych. Przykładem zestawu gaśniczego aerozolowego jest połączenie generatora skondensowanego aerozolu oraz urządzenia sterującego i sygnalizującego, które może pracować w jednej lub wielu obudowach. W Polsce jednostkami, które posiadają w zakresie akredytacji możliwość wydania krajowego certyfikatu właściwości użytkowych na podstawie Polskiej Normy lub krajowej

technical assessment are the Scientific and Research Centre for Fire Protection – National Research Institute (CNBOP-PIB) and the Building Research Institute (ITB).

According to para. 3, a construction product which does not fall within the scope of the harmonised technical specifications referred to in art. 2 item 10 of Regulation No 305/2011 may be made available on the national market if it has been lawfully placed on the market in another Member State or participant in the European Free Trade Association (EFTA) – party to the Agreement on the European Economic Area or in Turkey, and its performance enables the fulfilment of the basic requirements by construction works designed and built in the manner laid down in the technical and construction regulations and in accordance with the principles of technical knowledge. The rules and procedures for the application by the Member States of the principle of mutual recognition in individual cases – for goods falling within the scope of art. 34 of the Treaty on the Functioning of the European Union (TFEU) that are lawfully placed on the market in another Member State – are laid down in Regulation (EU) 2019/515 [9], which is binding in its entirety and directly applicable in all Member States. The implementation of this paragraph of art. 5 rests solely with the marketer of the construction product. This process takes place bypassing the so-called third party – accredited bodies are not involved.

The fourth theoretical possibility is art. 10 of the Act, according to which construction products – with the exception of those referred to in art. 5 para. 1 – are authorised for individual use in a construction work. – manufactured according to the individual technical documentation prepared by the designer of the facility or agreed with him, for which the manufacturer has issued a statement that compliance of the construction product with the technical documentation and regulations is ensured. By analogy with para. 3, the implementation of this article of the Act by the marketer takes place bypassing the so-called third party.

The four paths for placing a product on the market listed in the paragraphs above are current, important provisions of the law. Practically, however, in order to introduce a condensed aerosol generator-type construction product (or aerosol extinguishing kit), it is necessary to label the product (or kit) with a construction mark (irrespective of the technical reference document PN or KOT), which should be implemented on the basis of art. 5 para. 2 of the Construction products act.

Placing the product into service in fire protection

Independently of the Construction products act mentioned in the previous chapter, there is an independent legal act – i.e. the Act of 24 August 1991 on fire protection (Journal of Laws 2024, item 275). In accordance with its provisions, products which serve to ensure public safety or protection of health and life and property, which are introduced for use in fire protection units and which are used by these units to alert them to fire or other danger and to carry out rescue operations, as well as products which are handheld fire extinguishing equipment, may only be used after they have been granted a permit for use.

oceny technicznej, są Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwożarowej – Państwowy Instytut Badawczy (CNBOP-PIB) oraz Instytut Techniki Budowlanej (ITB).

Zgodnie z ust. 3 wyrób budowlany nieobjęty zakresem przedmiotowym zharmonizowanych specyfikacji technicznych, o których mowa w art. 2 pkt 10 rozporządzenia nr 305/2011, może być udostępniany na rynku krajowym, jeżeli został legalnie wprowadzony do obrotu w innym państwie członkowskim Unii Europejskiej lub w państwie członkowskim Europejskiego Porozumienia o Wolnym Handlu (EFTA) – stronie umowy o Europejskim Obszarze Gospodarczym albo w Turcji, a jego właściwości użytkowe umożliwiają spełnienie podstawowych wymagań przez obiekty budowlane zaprojektowane i budowane w sposób określony w przepisach techniczno-budowlanych oraz zgodnie z zasadami wiedzy technicznej. Przepisy i procedury dotyczące stosowania przez państwa członkowskie zasady wzajemnego uznawania w indywidualnych przypadkach – w odniesieniu do towarów objętych zakresem stosowania art. 34 Traktatu o Funkcjonowaniu Unii Europejskiej (TFUE), które są zgodnie z prawem wprowadzane do obrotu w innym państwie członkowskim – określa rozporządzenie (UE) 2019/515 [9], które wiąże w całości i jest bezpośrednio stosowane we wszystkich państwach członkowskich. Realizacja tego ustępu z artykułu 5 spoczywa wyłącznie na wprowadzającym wyrób budowlany do obrotu. Proces ten odbywa się z pominięciem tzw. strony trzeciej – podmioty akredytowane nie biorą w nim udziału.

Czwartą, teoretyczną możliwością pozostaje art. 10 ustawy, według którego dopuszczone do jednostkowego zastosowania w obiekcie budowlanym są wyroby budowlane – z wyłączeniem wyrobów, o których mowa w art. 5 ust. 1 – wykonane według indywidualnej dokumentacji technicznej, sporządzonej przez projektanta obiektu lub z nim uzgodnionej, dla których producent wydał oświadczenie, że zapewniono zgodność wyrobu budowlanego z tą dokumentacją oraz z przepisami. Analogicznie jak w ustępie 3 realizacja tego artykułu ustawy przez wprowadzającego do obrotu odbywa się z pominięciem tzw. strony trzeciej.

Wymienione w akapitach powyżej cztery ścieżki wprowadzenia wyrobu do obrotu to aktualne, ważne zapisy prawa. Praktycznie jednak, aby wprowadzić wyrób budowlany typu generator skondensowanego aerozolu (lub zestaw gaśniczy aerozolowy), konieczne jest oznakowanie wyrobu (lub zestawu) znakiem budowlanym (niezależnie od technicznego dokumentu odniesienia PN lub KOT), co powinno być realizowane na podstawie art. 5 ust. 2 ustawy o wyrobach budowlanych.

Wprowadzenie wyrobu do użytkowania w ochronie przeciwpożarowej

Niezależnie od wymienionej w poprzednim rozdziale ustawy o wyrobach budowlanych funkcjonuje niezależny akt prawny – tj. ustawa z dnia 24 sierpnia 1991 r. o ochronie przeciwpożarowej (Dz.U. 2024 poz. 275). Zgodnie z jej zapisami wyroby służące zapewnieniu bezpieczeństwa publicznego lub ochronie zdrowia i życia oraz mienia, wprowadzane do użytkowania w jednostkach ochrony przeciwpożarowej oraz wykorzystywane przez te jednostki do alarmowania o pożarze lub innym zagrożeniu oraz do prowadzenia działań ratowniczych, a także wyroby stanowiące podręczny sprzęt gaśniczy, mogą być stosowane wyłącznie po uprzednim uzyskaniu dopuszczenia do użytkowania.

Approvals for use are issued on the basis of the regulation of the Minister of Internal Affairs and Administration of 20 June 2007 on the list of products used to ensure public safety or protection of health and life, as well as property, and the rules for issuing approvals for use of such products (Journal of Laws, no 143, item 1002, as amended; Journal of Laws 2010, no 85, item 553; 2018, item 984; 2022 item 2282). This regulation does not refer to condensed aerosol generators, but item 12.1 mentions control centres for fire protection equipment (CSUP), which is the same as the control and indicating device (USiS) listed in the construction regulations. So, in the case of the marketing of a kit which includes USiS, it is necessary to also obtain an approval certificate for the CSUP.

Mechanism of operation and activation of generators

Fixed firefighting systems – aerosol (condensed aerosol generators or aerosol extinguishing kits – usually a condensed aerosol generator with control and indicating device) are one way of protecting spaces in building structures where permanent staff residence is not expected (or temporary residence is possible), and where the use of fixed water firefighting systems would result in potential damage to property.

The operation of the system – through total flooding – is based on injecting the extinguishing agent into the entire volume affected at the required pre-calculated extinguishing concentration. It is used when a modular system configuration and easy, cost-effective installation and maintenance are needed. Potential applications include, among other things, protection of power generation and distribution equipment, electrical panels, machine rooms, storage facilities, battery energy storage systems and mobile and portable equipment [3].

Condensed aerosol generators can be activated by a thermal pulse with the appropriate thermal energy (depending on the design). As standard, they should be electrically triggered by a signal from a control and indicating device (USiS). Thermal triggering e.g. by means of a thermocouple (if available) should be considered as an emergency protection in the event of a fault (failure of electrical tripping). Triggering by means of an electrical signal involves transmission of an initiating signal from the fire alarm or extinguishing control panel¹ (the alarm signal is previously transmitted to the control panel by a fire detector) to the control and indicating device and only this device is responsible for triggering the condensed aerosol generators. The classification of aerosols as an extinguishing agent in fixed firefighting systems is shown in Figure 1. Red colour indicates those falling within the scope of this paper.

¹ CSG according to EN 12094-1 should not be directly responsible for activation, as according to the standard, CSG can cooperate with fire extinguishing devices using CO₂, inert gas, or halogenated hydrocarbon gas.

Dopuszczenia do użytkowania wydawane są na podstawie rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 20 czerwca 2007 r. w sprawie wykazu wyrobów służących zapewnieniu bezpieczeństwa publicznego lub ochronie zdrowia i życia oraz mienia, a także zasad wydawania dopuszczenia tych wyrobów do użytkowania (Dz.U. Nr 143, poz. 1002; zm.; Dz.U. 2010 r. Nr 85 poz. 553, 2018 poz. 984, 2022 poz. 2282). W rozporządzeniu tym nie przywołano generatorów skondensowanego aerozolu, jednak w punkcie 12.1 wymieniano centrale sterujące urządzeniami przeciwpożarowymi (CSUP), które są tym samym co urządzenie sterujące i sygnalizujące USiS wymienione w przepisach budowlanych. Zatem w przypadku wprowadzenia do obrotu zestawu, w skład którego wchodzi USiS, konieczne jest również uzyskanie świadectwa dopuszczenia dla CSUP.

Mechanizm działania i aktywacja generatorów

Stałe urządzenia gaśnicze aerosolowe (generatory skondensowanego aerozolu lub aerosolowe zestawy gaśnicze – przeważnie generator skondensowanego aerozolu z urządzeniem sterującym i sygnalizującym) są jednym ze sposobów ochrony przestrzeni w obiektach budowlanych, w których nie przewiduje się stałego pobytu personelu (lub możliwy jest jego pobyt czasowy), i w których zastosowanie stałych urządzeń gaśniczych wodnych skutkowałoby potencjalnymi szkodami w mieniu.

Działanie systemu – poprzez całkowite wypełnienie (ang. *total flooding*) – opiera się na podawaniu środka gaśniczego do całej zagrożonej kubatury w wymaganym, obliczonym wcześniej stężeniu gaśniczym. Stosuje się go, gdy konieczna jest modułowa konfiguracja systemu oraz łatwa, ekonomiczna instalacja i konserwacja. Potencjalne zastosowania obejmują m.in. ochronę urządzeń do wytwarzania i dystrybucji energii elektrycznej, paneli elektrycznych, maszynowni, magazynów, systemów magazynowania energii z akumulatorów oraz sprzętu mobilnego i przenośnego [3].

Generatory skondensowanego aerozolu mogą być aktywowane impulsem termicznym o odpowiedniej energii cieplnej (zależnie od budowy). Standardowo powinny być wyzwalone elektrycznie na podstawie sygnału z urządzenia sterującego i sygnalizującego. Wyzwolenie termiczne np. za pomocą termokordu (jeśli dostępne) powinno być rozpatrywane jako awaryjne zabezpieczenie na wypadek uszkodzenia (braku możliwości wyzwolenia elektrycznego). Wyzwolenie za pomocą sygnału elektrycznego polega na przekazaniu sygnału inicjującego z centrali sygnalizacji pożarowej lub centrali sterowania gaszeniem¹ (wcześniej sygnał alarmu do centrali przekazuje czujka pożarowa) do urządzenia sterującego i sygnalizującego i dopiero to urządzenie odpowiada za wyzwolenie generatorów skondensowanego aerozolu. Klasyfikację aerozoli jako środka gaśniczego w instalacjach stałych urządzeń gaśniczych przedstawiono na rycinie 1. Kolorem czerwonym oznaczono te wpisujące się w zakres niniejszego artykułu.

¹ CSG wg EN 12094-1 nie powinno bezpośrednio odpowiadać za wyzwolenie, ponieważ zgodnie z normą CSG może współpracować z urządzeniami gaśniczymi na CO₂, gaz obojętny lub gazowy węglowodór chlorowcowany.

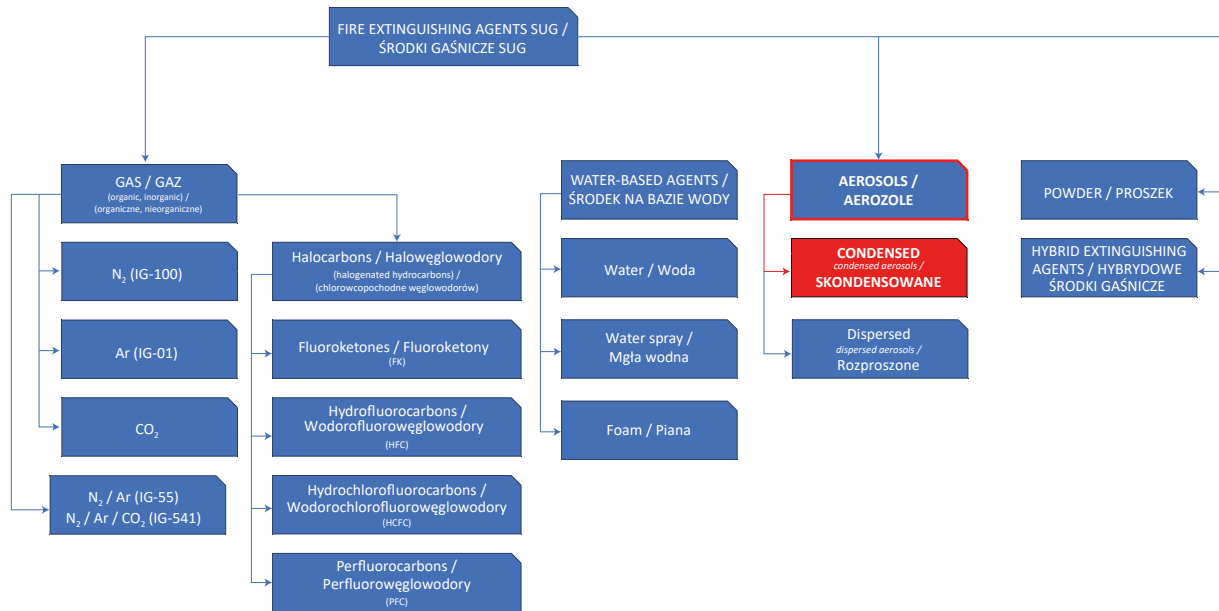


Figure 1. Extinguishing agents used in fixed firefighting systems
Rycina 1. Środki gaśnicze stosowane w instalacjach stałych urządzeń gaśniczych

Source: Own elaboration.

Źródło: Opracowanie własne.

Fire classes

According to the Polish standard PN-EN 2:1998+A1:2006 *Division of fires* [4], fires of group A include solid material fires, usually of organic origin, whose normal combustion occurs with the formation of glowing coals. Fire group B are liquid and solid melting fires, while fire group C are gas fires. Group D are metal fires. The last group F (introduced by change A1) is for kitchen product fires, i.e. vegetable or animal oils and fats listed in the standard [4]. It should be noted here that despite the analogous symbolism of fires – A, B, C, etc. – in the United States these symbols depict different fires. This may be relevant when reading the documentation of condensed aerosol generators or aerosol extinguishing kits manufactured in the USA or in countries where NFPA/UL guidelines and standards (specifications) have been implemented. A comparison between the Polish Standard and NFPA documents is shown in Table 1.

Grupy pożarów

Zgodnie z Polską Normą PN-EN 2:1998+A1:2006 *Podział pożarów* [4] do pożarów grupy A zalicza się pożary materiałów stałych, zwykle pochodzenia organicznego, których normalne spalanie zachodzi w tworzeniu żarzących się węgli. Grupa pożarów B to pożary cieczy i materiałów stałych topiących się, natomiast grupa pożarów typu C to pożary gazów. Grupę D stanowią pożary metali. Ostatnia grupa F (wprowadzona zmianą A1) dotyczy pożarów produktów kuchennych, tj. wymienionych w normie olei roślinnych lub zwierzęcych i tłuszczu [4]. Należy zwrócić przy tym uwagę, iż pomimo analogicznej symboliki pożarów – A, B, C itd. – w Stanach Zjednoczonych symbole te oznaczają inne pożary. Może mieć to znaczenie przy zapoznawaniu się z dokumentacją generatorów skondensowanego aerozolu lub aerozolowych zestawów gaśniczych produkowanych w USA lub w krajach, gdzie wdrożono wytyczne i normy (specyfikacje) NFPA /UL. Porównanie pomiędzy Polską Normą oraz dokumentami NFPA przedstawiono w tabeli 1.

Table 1. Comparison of fire groups PL/USA
Tabela 1. Porównanie grup pożarów PL/USA

Group of fires / Grupa pożarów	PN-EN 2:1998+A1:2006 [4]	NFPA 2010:2020 [5] NFPA 10:2022 [6]
A	Solid material fires / Pożary materiałów stałych	Fires of ordinary combustible materials such as wood, fabric, paper, rubber and many plastics / Pożary zwykłych materiałów palnych, takich jak drewno, tkaniny, papier, guma i wiele tworzyw sztucznych
B	Liquid and solid melting fires / Pożary cieczy i materiałów stałych topiących się	Fires of flammable liquids, combustible liquids, petroleum lubricants, tar, oils, oil paints, solvents, varnishes, alcohols and flammable gases / Pożary cieczy łatwopalnych, cieczy palnych, smarów naftowych, smoły, olejów, farb olejnych, rozpuszczalników, lakierów, alkoholi i gazów łatwopalnych
C	Gas fires / Pożary gazów	Fires of live electrical equipment / Pożary urządzeń elektrycznych pod napięciem
D	Metal fires / Pożary metali	Fires of combustible metals such as magnesium, titanium, zirconium, sodium, lithium and potassium / Pożary metali palnych, takich jak magnez, tytan, cyrkon, sól, lit i potas
E	*	
K	----- -----	Fires in cooking appliances that involve combustible cooking media (vegetable or animal oils and fats) / Pożary w urządzeniach do gotowania, które obejmują palne środki gotujące (oleje i tłuszcze warzywne lub zwierzęce)
F	Fires in cooking products (vegetable or animal oils and fats) in cooking appliances / Pożary produktów kuchennych (olei roślinnych lub zwierzęcych i tłuszczy) w urządzeniach kuchennych	----- -----

* Note: The symbol E appearing on some data sheets for e.g. portable fire extinguishers, in both Polish and American standards, does not appear. This is borrowed from the Australian and New Zealand market, where fires of “electrically powered fuels of any other group” are designated under this symbol (in the AS/NZS 1850 standard). / Uwaga: Symbol E pojawiający się na niektórych kartach katalogowych np. gaśnic przenośnych, zarówno w polskich, jak i amerykańskich normach nie występuje. Jest to zapożyczenie z rynku Australii i Nowej Zelandii, gdzie pod tym symbolem (w normie AS / NZS 1850) oznaczono pożary „paliw zasilanych elektrycznie dowolnej innej grupy”.

Source: Own elaboration based on [4–6].

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [4–6].

The previously cited Polish Standard PN-EN 2 does not give test methods, but is limited to naming groups of fires. Test methods for specific fire groups are described in standards that deal with the testing of condensed aerosol generators, e.g. ISO 15779:2011 *Condensed aerosol fire extinguishing systems. Requirements and test methods for components and system design, installation and maintenance* (group A and B fires) or PN-EN 15276-1 *Fixed firefighting systems – Aerosol extinguishing systems – Part 1: Requirements and test methods for components* (group A and C fires, fire involving heptane and plastic). In particular, the provisions of Polish Standard EN 15276-1 require clarification. Introduction to this document states that aerosol extinguishing agents are recognised as effective agents for extinguishing group A fires (fires on solid surfaces) and group B and C fires, but when planning complex solutions it should be borne in mind that there may be hazards for which these systems are not suitable and that in certain circumstances or situations their use may involve hazards requiring special precautions. In addition, EN 15276-1 explicitly describes and names only group A and C fires. On the other hand, the specification LPS 1656 *Requirements and test methods for the LPCB approval of Condensed Aerosol Extinguishing*

Przywołana wcześniej Polska Norma PN-EN 2 nie podaje metod badań, jedynie ogranicza się do nazwania grup pożarów. Metody badań dla specyficznych grup pożarów opisane są w normach, które dotyczą badań generatorów skondensowanego aerozolu m.in. ISO 15779:2011 *Condensed aerosol fire extinguishing systems. Requirements and test methods for components and system design, installation and maintenance* (pożary grupy A i B) lub PN-EN 15276-1 *Stałe urządzenia gaśnicze – Aerozolowe zestawy gaśnicze – Część 1: Wymagania i metody badań elementów składowych* (pożary grupy A i C, pożar z udziałem heptanu oraz tworzywa sztucznego). Wyjaśnienia w szczególności wymagają zapisy Polskiej Normy PN-EN 15276-1. We wstępie do tego dokumentu zapisano, iż aerozolowe środki gaśnicze są uznawane za skuteczne środki do gaszenia pożarów grupy A (pożary płonące na powierzchniach ciał stałych) oraz pożarów grupy B i C, ale przy planowaniu kompleksowych rozwiązań należy pamiętać, że mogą istnieć zagrożenia, dla których te systemy nie są odpowiednie oraz że w pewnych okolicznościach lub sytuacjach ich użycie może wiązać się z zagrożeniami wymagającymi specjalnych środków ostrożności. Ponadto norma PN-EN 15276-1 wprost opisuje i nazywa wyłącznie pożary grup A oraz C.

Generators defines possible applications for group A, group B and grouped power or data cable fires.

This paper describes the normative test methods derived from Polish Standard 15276-1 for group A and C fires. Independently, tests involving heptane and plastic, which should be identified with fires belonging to group B, are included. However, the author has not described tests under ISO 15779, LPS 1656 and NFPA 2010.

Flame and fire, generator construction and extinguishing mechanism

Flame and fire

For many years, the concept of flame was symbolised by the so-called fire triangle, consisting of:

- fuel – solids, flammable liquids, flammable gases, metals, vegetable oils, etc.,
- heat – energy stimuli necessary to initiate the combustion reaction and the thermal energy, a product of the combustion process, necessary to sustain it, and
- oxidant – a chemical compound or element which is, in an oxidation-reduction reaction, is an electron acceptor; under fire conditions, the oxidant is most often oxygen from the air (about 21% by volume) [7].

However, fire research has shown that a fourth element is necessary: a chemical chain reaction. Thus, the triangle was changed to a tetrahedron to reflect the above change. Essentially, the four factors listed above must occur for fire to start. Removing any of them will extinguish the fire [8].

Fire spreads through the normal mechanisms of transmission, which are:

- conduction: direct contact between bodies,
- convection: heat source heats the air, hot air rises and creates air circulation, which heats nearby objects by conduction,
- radiation: heat transfer in the form of waves which, upon contact with a body, are absorbed, reflected or transmitted [9].

Fire, on the other hand, according to the terminology standard [10, item 3.139], is to be understood as an uncontrolled process of self-sustained combustion that has not been triggered to produce useful effects and is not limited in time and space. The fire tetrahedron is shown in Figure 2.

Z kolei specyfikacja LPS 1656 *Requirements and test methods for the LPCB approval of Condensed Aerosol Extinguishing Generators* określa możliwe zastosowanie dla pożarów grupy A, grupy B oraz zgrupowanych kabli zasilających i komunikacyjnych (ang. *grouped power or data cable fires*).

W niniejszym artykule opisano normatywne metody badań wynikające z Polskiej Normy 15276-1 dla pożarów grupy A oraz C. Niezależnie uwzględniono badania z udziałem heptanu oraz tworzywa sztucznego, które należy utożsamiać z pożarami należącymi do grupy B. Autor nie opisał natomiast badań wynikających z normy ISO 15779 oraz innych specyfikacji, m.in. LPS 1656 oraz NFPA 2010.

Ogień i pożar, budowa generatora oraz mechanizm gaszenia

Ogień i pożar

Przez wiele lat koncepcja ognia była symbolizowana przez tzw. trójkąt spalania, na który składało się:

- paliwo – ciała stałe, ciecze palne, gazy palne, metale, oleje roślinne itp.,
- ciepło – bodźce energetyczne niezbędne do zapoczątkowania reakcji spalania oraz energię cieplną, stanowiącą produkt procesu spalania, konieczną do jego podtrzymywania oraz
- utleniacz – związek chemiczny lub pierwiastek będący w reakcji utleniania – redukcji akceptorem elektronów; w warunkach pożaru utleniaczem najczęściej jest tlen z powietrza (ok. 21% objętościowych) [7].

Badania nad ogniem wykazały jednak, że niezbędny jest czwarty element: chemiczna reakcja łańcuchowa. Tym samym trójkąt został zmieniony na czworościan, tak aby odzwierciedlić powyższą zmianę. Zasadniczo, aby pojawił się ogień, muszą wystąpić cztery wymienione czynniki. Usunięcie któregośkolwiek z nich spowoduje ugaszenie ognia [8].

Ogień rozprzestrzenia się poprzez normalne mechanizmy przenoszenia, którymi są:

- przewodzenie: bezpośredni kontakt między ciałami,
- konwekcja: źródło ciepła podgrzewa powietrze, gorące powietrze unosi się i tworzy się cyrkulacja powietrza, która ogrzewa pobliskie przedmioty poprzez przewodzenie,
- promieniowanie: przekazywanie ciepła w postaci fal, które po zetknięciu z ciałem są pochłaniane, odbijane lub przepuszczane [9].

Poprzez pożar zaś, zgodnie z normą terminologiczną [10, pkt 3.139], należy rozumieć niekontrolowany proces samopodtrzymującego się spalania, które nie zostało wywołane w celu uzyskania użytecznych efektów i nie jest ograniczone w czasie i przestrzeni. Czworościan spalania przedstawiono na rycinie 2.

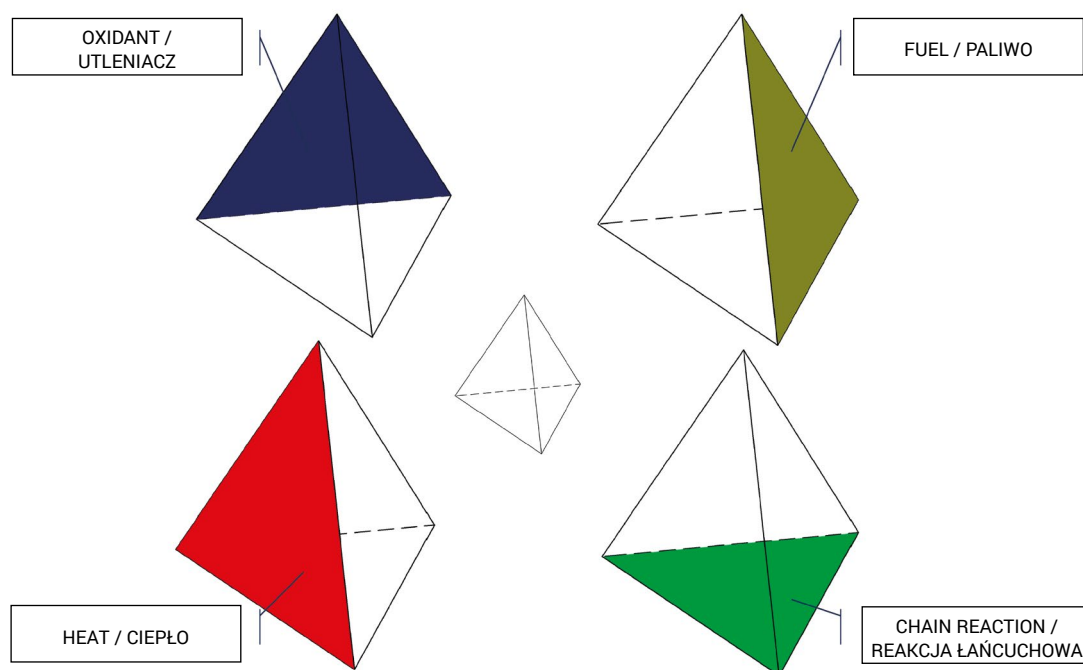


Figure 2. Fire tetrahedron
Rycina 2. Czworokąt spalania

Source: Own elaboration based on M.M. Biel, *Nowoczesne środki gaśnicze i ich skuteczność działania*, rozprawa doktorska, AGH, Kraków 2022 [15].

Źródło: Opracowanie własne na podstawie M.M. Biel, *Nowoczesne środki gaśnicze i ich skuteczność działania*, rozprawa doktorska, AGH, Kraków 2022 [15].

Construction of condensed aerosol generators

The construction of a typical condensed aerosol generator consists of several components, whereby they are built into the housing of the unit. Visible to the user from the outside are:

- the appliance housing,
- mounting bracket and
- activation mechanism (if used).

The main component of the condensed aerosol generator is the aerosol-generating material. This is a mixture of oxidiser, flammable material and technical admixtures, which, when activated, is responsible for producing an extinguishing aerosol in the combustion process. The activation of the aerosol-generating material is the responsibility of the activation mechanism (electric or thermocouple trigger). The next component is the cooling mechanism, which is responsible for adequate cooling of the aerosol produced by combustion. The last is the exhaust system, which is part of the housing already mentioned.

All parts inside the condensed aerosol generator should be made of corrosion-resistant material or should be adequately protected against corrosion. The manufacturer should ensure that the construction materials are also compatible with the solid aerosol forming compound and the cooling mechanism, so that the generator's performance is not adversely affected by corrosion or chemical action. In addition, the enclosure, which is crucial in the context of the normative service life of the product, should be designed so that ageing or environmental influences do not adversely affect the performance of the generator. Non-metallic

Budowa generatorów skondensowanego aerozolu

Na budowę typowego generatora skondensowanego aerozolu składa się kilka podzespołów, przy czym są one zabudowane w obudowie urządzenia. Widoczne z zewnątrz dla użytkownika są:

- obudowa urządzenia,
- uchwyt montażowy oraz
- mechanizm aktywujący (jeśli zastosowano).

Głównym elementem generatora skondensowanego aerozolu jest materiał aerozolitwórczy. Jest to mieszanina utleniacza, materiału palnego oraz domieszek technicznych, która po aktywacji odpowiada za wytworzenie w procesie spalania aerozolu gaśniczego. Za aktywację materiału aerozolitwórczego odpowiada mechanizm aktywujący (wyzwolenie elektryczne lub za pomocą termokordu). Kolejnym elementem jest mechanizm chłodzący, który odpowiada za właściwe schłodzenie aerozolu powstałego na skutek spalania. Ostatni jest układ wylotowy będący częścią wymienionej już obudowy.

Wszystkie części wewnątrz generatora skondensowanego aerozolu powinny być wykonane z materiału odpornego na korozję lub odpowiednio zabezpieczone przed korozją. Obowiązkiem producenta jest, aby materiały konstrukcyjne były również kompatybilne ze stałym związkami tworzącymi aerosol i mechanizmem chłodzącym, tak aby korozja lub działania chemiczne nie miały negatywnego wpływu na działanie generatora. Ponadto obudowa, co kluczowe w kontekście normatywnej żywotności wyrobu, powinna być zaprojektowana tak, aby starzenie się lub wpływ

materials and elastomers must be selected so that they are stable and do not change their performance characteristics over the manufacturer's recommended service life. A simplified cross-section of a cylindrical condensed aerosol generator is shown in Figure 3.

środowiskowe nie miały negatywnego wpływu na działanie generatora. Materiały niemetaliczne i elastomery należy dobrać tak, aby były stabilne i nie zmieniały swoich właściwości użytkowych w zalecanym przez producenta czasie eksploatacji. Uproszczony przekrój generatora skondensowanego aerozolu o cylindrycznym kształcie przedstawiono na rycinie 3.

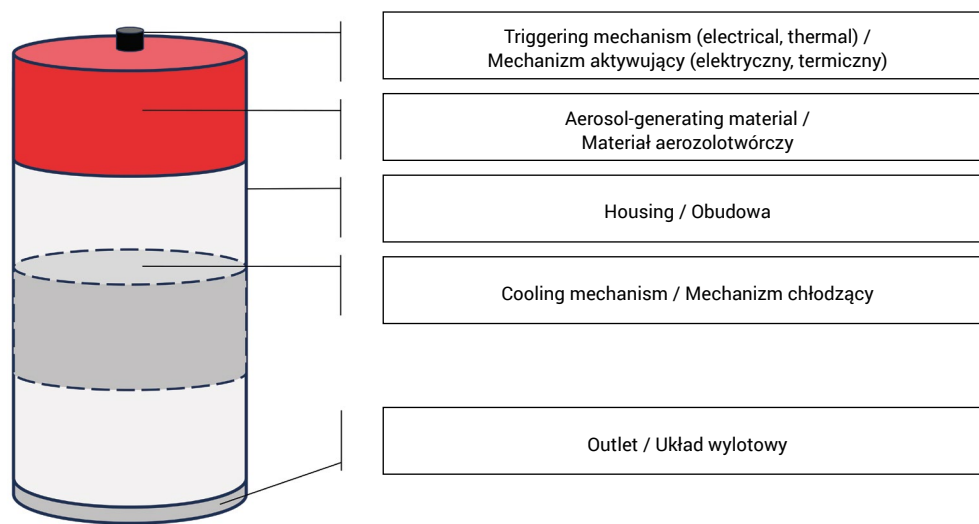


Figure 3. Simplified cross-section of a cylindrical condensed aerosol generator
Rycina 3. Uproszczony przekrój cylindrycznego generatora skondensowanego aerozolu

Source: Own elaboration based on [11].

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [11].

Extinguishing

The technology of condensed aerosol-based extinguishing systems originates from the Soyuz rocket programme [11]. After the collapse of the USSR, the owners of the technology licensed the development and resale of products based on their technology to interested parties. Many of them decided to purchase the licences and thus started to sell Russian products based on the original Russian chemical compound, with little (if any) refinement, in Europe. Today, almost all companies on the market use their proprietary solutions.

An aerosol is a colloidal system (a mixture of two substances in which one is dispersed in the other), in which the dispersing medium is a gas (often air) and the dispersed substances are liquids or solids. Aerosols are divided into fog (liquid particles) and smoke (solid particles) [12]. The extinguishing aerosol used in SUG-A systems is therefore classified as colloidal smoke.

Mechanizm gaszenia

Technologia systemów gaśniczych opartych na skondensowanym aerozolu wywodzi się z programu raketowego Sojuz [11]. Po rozpadzie ZSSR właściciele technologii udzielali zainteresowanym stronom licencji na rozwój i odsprzedaż produktów na bazie posiadanej technologii. Wiele z nich zdecydowało się na zakup licencji i tym samym zaczęło sprzedawać na terenie Europy produkty pochodzące z Rosji, oparte na oryginalnym rosyjskim związku chemicznym, z niewielkim (jeśli w ogóle) udoskonaleniem. Obecnie niemal wszystkie firmy na rynku wykorzystują swoje autorskie rozwiązania.

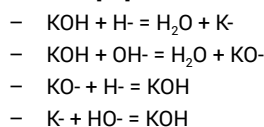
Aerosol to układ koloidalny (mieszanina dwóch substancji, w której jedna z nich jest rozproszona w drugiej), w którym ośrodkiem rozpraszającym jest gaz (często powietrze), a substancjami rozpraszanymi są ciecze lub ciała stałe. Aerozole dzieli się na mgłę (cząstki ciekłe) i dym (cząstki stałe) [12]. Aerosol gaśniczy stosowany w instalacjach SUG-A zaliczamy zatem do dymu koloidalnego.

Table 2. Division of colloidal systems according to their state of aggregation
Tabela 2. Podział układów koloidalnych ze względu na stan skupienia

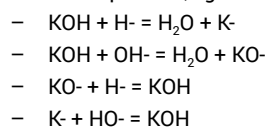
Dispersing medium / Ośrodek rozpraszający	Dispersed substance / Substancja rozproszona	Colloid type / Rodzaj koloidu	Examples / Przykłady	Specific name of the colloid / Nazwa szczegółowa koloidu
	Gas / Gaz		-----	Does not exist / Nie istnieje
Gas / Gaz	Liquid / Ciecz	Aerosols / Aerozole	Fog / Mgła	Liquid aerosol colloidal fog / Aerozole ciekłe mgła koloidalna
	Solid / Ciało stałe		Smoke / Dym	Solid aerosols colloidal smoke / Aerozole stałe dym koloidalny

Source / Źródło: Koloidy. Chemia fizyczna dla przyrodników [13, p. 513–514].

Fire extinguishing techniques using extinguishing agents such as CO₂ or water achieve their function by removing one or more of the agents present in the combustion tetrahedron described above. Extinguishing aerosols are designed to react with free radicals (OH, H and O) to disrupt the chain reaction [14]. Atomisation of nano- and micro-particles of the extinguishing agent occurs through a rapid physico-chemical transformation taking place at high temperature. The increasing temperature simultaneously causes an increase in pressure in the generator, which ejects the resulting aerosol [15]. The aerosol² captures the free radicals (which are present in the combustion zone and are intermediate products between successive chemical reactions; they are either free atoms or particle fragments, generally the result of a long series of transformations in an endothermic process) present in the flame combustion process, leading to oxidation inhibition [16]. Halocarbon agents (e.g. Halon 1301, mentioned in the introduction) have a similar effect. Without the chain reaction, there is no sufficient heat necessary to sustain the fire. The main principle of condensed aerosols, therefore, is to generate solid aerosol particles and inert gases in the required concentration and distribute them (due to the pressure increase on discharge) evenly throughout the protected volume. The quantity of the aerosol-forming compound must be at or above the design extinguishing concentration for a specified time to prevent re-ignition [17]. The aerosol reacts with free radicals and “once the hydroxide is formed by thermal dissociation, a cycle of reduction reactions takes place leading to a rapid decrease in free radical concentration (reducing combustion due to strong reducing properties) in the area of action of the nanopowder, according to the scheme” [18]:



Techniki gaszenia pożarów z zastosowaniem środków gaśniczych takich jak CO₂ czy woda osiągają swoją funkcję poprzez usunięcie jednego lub więcej czynników występujących w opisanym wyżej czworokącie spalania. Aerozole gaśnicze są zaprojektowane tak, aby reagować z wolnymi rodnikami (OH, H i O), zakłócając reakcję łańcuchową [14]. Atomizacja nano- i mikroziaren czynnika gaszącego zachodzi poprzez gwałtowną przemianę fizykochemiczną przebiegającą w wysokiej temperaturze. Rosnąca temperatura powoduje zarazem wzrost ciśnienia w generatorze, który wyrzuca powstały aerozol [15]. Aerozol² wychwytuje wolne rodniki (występują w strefie spalania i są produktami pośrednimi między kolejnymi reakcjami chemicznymi; są to albo wolne atomy, albo fragmenty cząstek, będące z reguły wynikiem długiego szeregu przemian w procesie o charakterze endotermicznym) obecne w procesie spalania płomieniowego, prowadząc do inhibicji utleniania [16]. Podobnie działają środki halowęglowodorowe (np. wymieniony we wstępie Halon 1301). Bez reakcji łańcuchowej nie ma wystarczającej ilości ciepła niezbędnego do podtrzymania ognia. Główną zasadą działania skondensowanych aerozoli jest zatem generowanie stałych cząstek aerozolu i gazów obojętnych w wymaganym stężeniu i rozprowadzaniu ich (na skutek wzrostu ciśnienia przy wyrzuceniu) równomiernie w całej chronionej kubaturze. Ilość związku tworzącego aerozol musi być na poziomie lub powyżej projektowego stężenia gaśniczego przez określony czas, aby zapobiec ponownemu zapłonowi [17]. Aerozol reaguje z wolnymi rodnikami, a „po utworzeniu wodorotlenku w wyniku dysocjacji termicznej następuje cykl reakcji redukcyjnych prowadzących do szybkiego spadku stężenia wolnych rodników (ograniczania spalania w wyniku silnych właściwości redukcyjnych) w obszarze działania nanoproszku, zgodnie ze schematem” [18]:



² Fire extinguishing aerosols are produced on the basis of carbonates or nitrates (e.g. potassium).

² Aerozole gaśnicze są produkowane na bazie węglanów lub azotanów (np. potasu).

Selected laboratory test issues

The following selected tests are described in a simplified manner, but – in the author's opinion – allowing a general understanding of the essence of the tests. Details of specific requirements related to the measuring system have been omitted. The basis of the study is the Polish Standard PN-EN 15276-1:2019-07 *Fixed firefighting systems – Aerosol firefighting systems – Part 1: Requirements and test methods for components* [19]. This document is not a harmonised standard, but within the scope of the applicable legislation for building products of the condensed aerosol generator type, it is the only one against which the process related to the assessment and verification of constancy of performance can be carried out, as explained above. In practice, it is possible to carry out tests based on ISO 15779:2011, but this may be deemed as outdated and is planned to be replaced³. The possible (and theoretical) use of the ISO standard is only related to its use by national technical assessment bodies for the development of requirements for a “set of equipment”, which remains within the exclusive competence of these bodies.

Group A (surface) fire

The test fire consists of two wooden (spruce or fir) stacks, each measuring 0.3 x 0.3 x 0.3 m. One stack consists of eight alternate layers, which are arranged at right angles to the adjacent layers. Each layer consists of four beams. The beams should be 3.8 cm thick. The individual beams are placed at equal intervals on the previous layer and fixed with carpenter's staples or nails. The moisture content of the beams should be between 9 and 13% (by weight).

One of the stacks should be placed behind the divider, which should be installed between floor and ceiling, perpendicular to the direction of discharge of the aerosol generator and be 20% of the length or width of the enclosure (whichever is applicable for the discharge location). The stack is placed on four blocks (concrete, cinderblock, brick) with a side length of 5 cm placed at each corner of the stack. Stack 1 is shielded by an arrangement of additional shields with a layout identical to that of the polymer sheet test fires (see Figure 5). Stack 2 should be similarly positioned in the middle relative to the divider. Under each of the stacks, in the middle of the first layer of four wooden blocks, a shredded newspaper of 113.5 g should be placed, which is the fuel from which the fire will ignite the stack. The arrangement of the wooden stacks (a) and the layout of the stacks in the room together with the divider (b) are presented in Figure 4 (the stack covers are not included in the figure to enhance legibility).

³ Currently, the Technical Committee ISO/TC 21/SC 8 is working on ISO/DIS 15779 (stage 5 of 9).

Wybrane zagadnienia badań laboratoryjnych

Poniższe wybrane badania opisano w sposób uproszczony, jednak – w opinii autora – pozwalający na ogólne zrozumienie istoty badań. Pominięto szczegóły dotyczące specyficznych wymagań związanych z układem pomiarowym. Podstawę opracowania stanowi Polska Norma PN-EN 15276-1:2019-07 *Stale urządzenia gaśnicze – Aerozolowe zestawy gaśnicze – Część 1: Wymagania i metody badań elementów składowych* [19]. Dokument ten nie jest normą zharmonizowaną, lecz w zakresie obowiązujących przepisów prawa dla wyrobów budowlanych typu „generator skondensowanego aerozolu” jest jedyną, w oparciu o którą można przeprowadzić proces związany z oceną i weryfikacją stałości właściwości użytkowych, co wyjaśniono wyżej. W praktyce możliwe jest prowadzenie badań w oparciu o normę ISO 15779:2011, jest to jednak dokument, który może być uważany za przestarzały i planowane jest jego zastąpienie³. Ewentualne (i teoretyczne) wykorzystanie normy ISO związane jest wyłącznie z jej zastosowaniem przez krajowe jednostki oceny technicznej do opracowania wymagań dla „zestawu urządzeń”, co pozostaje w wyłączonych kompetencjach tych jednostek.

Pożar (powierzchniowy) grupy A

Na pożar testowy składają się dwa drewniane (świerk lub jodła) stosy, każdy o wymiarach 0,3 x 0,3 x 0,3 m. Jeden stos składa się z ośmiu naprzemiennych warstw, które są ułożone pod kątem prostym do warstw sąsiednich. Każda warstwa składa się z czterech belek. Belki powinny mieć grubość 3,8 cm. Poszczególne belki rozmieszcza się w równych odstępach na poprzedniej warstwie i mocuje za pomocą zszywek stolarskich lub gwoździ. Zawartość wilgoci w belkach powinna mieścić się w przedziale od 9 do 13% (wagowo).

Jeden ze stosów należy umieścić za przegrodą, która powinna być zainstalowana pomiędzy podłogą a sufitem, prostopadle do kierunku wyładowania generatora aerozolu i stanowić 20% długości lub szerokości obudowy (w zależności od tego, co ma zastosowanie w odniesieniu do miejsca wyładowania). Stos ustawia się na czterech blokach (betonowe, żużlowe, ceglane) o boku długości 5 cm, umieszczonych w każdym rogu stosu. Stos nr 1 osłonięty jest układem dodatkowych osłon o układzie identycznym jak podczas pożarów testowych z wykorzystaniem arkuszy polimerowych (zob. ryc. 5). Stos nr 2 należy umieścić w analogiczny sposób pośrodku względem przegrody. Pod każdym ze stosów, pośrodku pierwszej warstwy czterech drewnianych bloków należy umieścić rozdrobnioną gazetę o masie 113,5 g, która stanowi paliwo, od którego ogniem zapali się stos. Rozmieszczenie drewnianych stosów (a) oraz układ stosów w pomieszczeniu wraz z przegrodą (b) zaprezentowano na rycinie 4 (dla zwiększenia czytelności na rycinie nie zamieszczono osłon stosów).

³ Obecnie Komitet Techniczny ISO/TC 21/SC 8 pracuje nad normą ISO/DIS 15779 (etap 5 z 9).

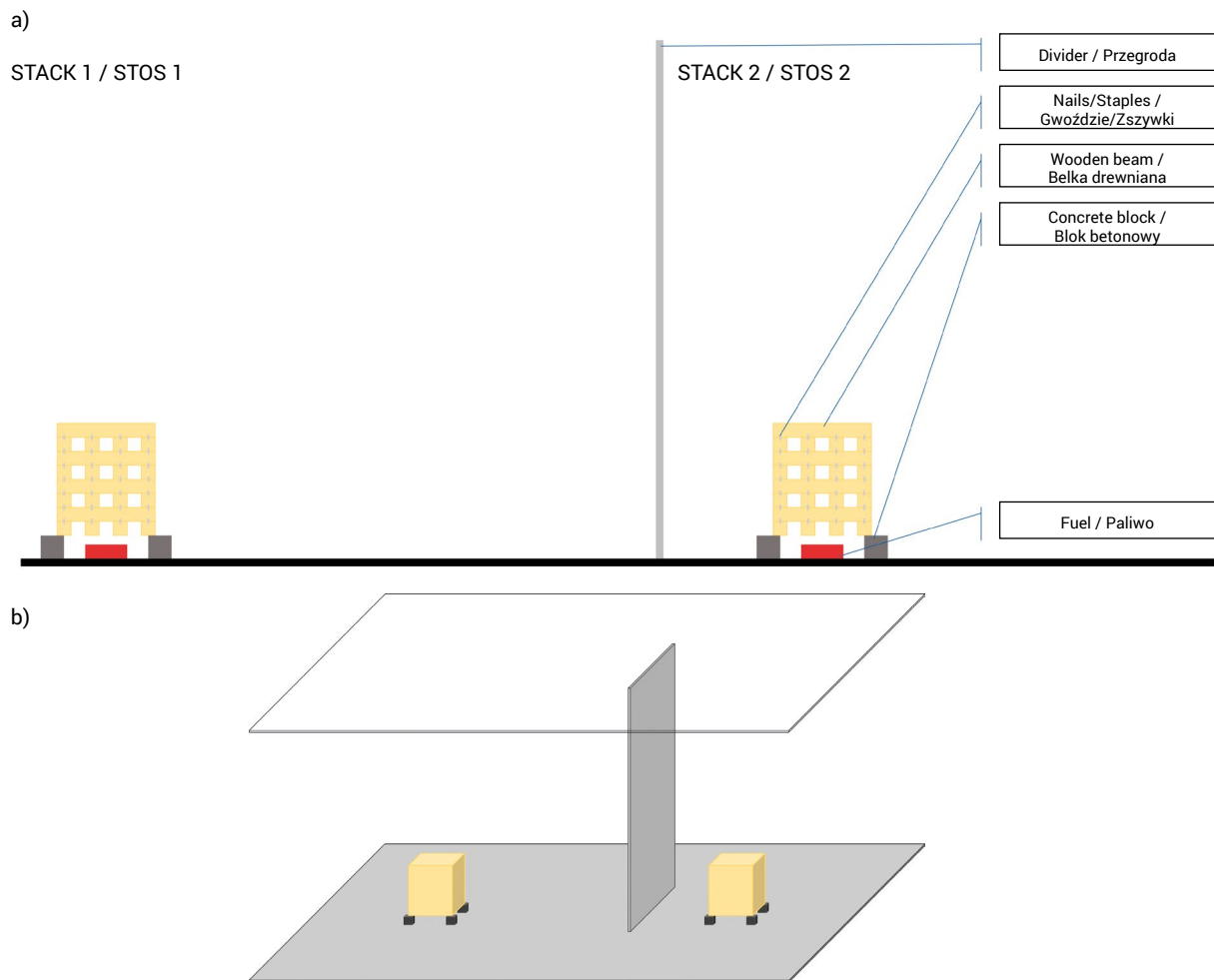


Figure 4. Simplified view of the stacks during a type A fire: a) front view, b) arrangement in the room
Rycina 4. Uproszczony widok stosów podczas pożaru typu A: a) widok od przodu, b) układ w pomieszczeniu

Source: Own elaboration.

Źródło: Opracowanie własne.

Cover

Above stack 1, which is the focal point of the system, a so-called fuel shield is erected. It consists of a metal frame with a steel plate on top. The fuel shield is 0.825 m high, while the steel sheet top measures 0.76 m x 0.76 m. The remaining four sides and bottom of the cube remain open. Two external dividers with side lengths of 1 m and a height of 0.3 m are placed around the aforementioned external cover. The dividers should be placed 9 cm above the floor, thus their bottom edge should be 4 cm above the bottom edge of the stack. The lower divider should be positioned so that its sides are parallel to the fuel shield and the stack. The upper divider should be rotated at an angle of 45° to the lower divider. A view of the stack including the casing is presented in Figures 5.

Ośłona

Nad stosem nr 1, który stanowi punkt centralny układu, stawia się tzw. osłonę paliwową. Składa się ona z metalowej ramy z blachą stalową na górze. Ośłona paliwowa ma wysokość 0,825 m, natomiast blat z blachy stalowanej ma wymiary 0,76 m x 0,76 m. Pozostałe cztery boki i spód sześcianu pozostają otwarte. Dwie zewnętrzne przegrody o długości boku 1 m i wysokości 0,3 m umieszcza się wokół ww. zewnętrznej osłony. Przegrody należy umieścić 9 cm nad podłogą, tym samym ich dolna krawędź powinna znajdować się 4 cm ponad dolną krawędzią stosu. Dolną przegrodę ustawia się w taki sposób, aby jej boki były równoległe do osłony paliwa oraz stosu. Górną przegrodę jest obrócona o kąt 45° w stosunku do przegrody dolnej. Widok stosu wraz z osłoną zaprezentowano na rycinie 5.

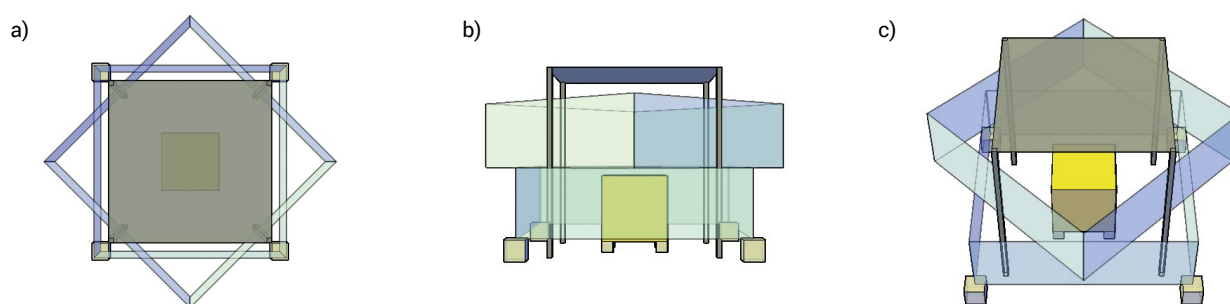


Figure 5. View of the test stack: a) top view of the stack with covers, b) front view of the stack with covers, c) front, top view of the stack inside the covers
Rycina 5. Widok stosu testowego: a) widok stosu z osłonami od góry, b) widok stosu z osłonami od frontu, c) widok stosu wewnątrz osłon od przodu, z góry

Source: Own elaboration.

Źródło: Opracowanie własne.

The test procedure starts by measuring the weight of the condensed aerosol generators and the weight of the individual stacks and the moisture content of the beams that make up the stacks. The positioning of the aerosol generator should reflect the maximum limitations of the product and the most stringent claims made in the installation instructions, according to methods that should be specified in the manufacturer's documentation, most often the technical and operational documentation.

When testing Group A fires, the condensed aerosol generator(s) shall be installed on the side of the enclosure opposite the stack behind the divider (in Figure 4 on the side of stack 1). Denatured alcohol is used to ignite 113.5 g of newspaper.

In the first phase of the test, the so-called pre-combustion, the stack is left to ignite for 120 seconds. At the same time, the oxygen concentration should be measured in the test room (the room can be open). Measurements are taken at the stack heights and normatively defined heights.

The second, actual test phase begins with the closing of all openings (e.g. doors, ventilation). The exception here is the relief (bleed) dampers. At the moment of activation of the set or condensed aerosol generator(s), the percentage of oxygen in the test room should not vary by more than $\pm 0.5\%$ over the stack heights, and should therefore be in the range 20.841 to 21.050% (it is assumed that the measured oxygen content of the room should correspond to the chemical composition of the atmosphere, excluding water vapour, i.e. 20.946%⁴). It should be noted that due to the ongoing combustion process, an increase in oxygen levels is far from unlikely, but the normative requirements nevertheless indicate this possibility. During the test procedure, information on the time [s] of discharge of the extinguishing agent and the time [s] to achieve extinguishing of the piles should be recorded. The time (of aerosol discharge) can be determined in various ways, most commonly by thermocouple readings. The use of, for example, thermal imaging cameras is also acceptable⁵. Due to the way condensed aerosol generators work, visual observation will usually not be possible. In addition, the retention time (the

Procedura testowa rozpoczyna się od pomiaru masy generatorów skondensowanego aerozolu oraz masy poszczególnych stosów oraz wilgotności belek składających się na stosy. Umieszczenie generatora aerozolu powinno odzwierciedlać maksymalne ograniczenia wyrobu oraz najbardziej rygorystyczne zastrzeżenia zawarte w instrukcji instalacji, zgodnie z metodami, które powinny być określone w dokumentacji producenta, najczęściej dokumentacji techniczno-ruchowej.

Podczas badań pożarów grupy A generator(-y) skondensowanego aerozolu instaluje się po stronie obudowy przeciwnej do stosu znajdującego się za przegrodą (na ryc. 4 po stronie stosu nr 1). Do podpalenia 113,5 g gazety wykorzystuje się denaturat.

W pierwszej fazie testu tzw. spalania wstępnego, stos pozostawia się do rozpalenia na czas 120 sekund. W tym samym czasie należy dokonać pomiaru stężenia tlenu w pomieszczeniu, w którym odbywa się test (pomieszczenie może być otwarte). Pomiarów dokonuje się w miejscach na wysokości stosów oraz zdefiniowanych normatywnie wysokościach.

Druga, właściwa faza testu rozpoczyna się zamknięciem wszystkich otworów (np. drzwi, wentylacji). Wyjątek stanowią tutaj klapy odciążające (upustowe). W chwili aktywacji zestawu lub generatora(-ów) skondensowanego aerozolu zawartość procentowa tlenu w pomieszczeniu badawczym nie powinna różnić się o więcej niż $\pm 0,5\%$ na wysokości stosów, a więc powinna mieścić się w zakresie od 20,841 do 21,050% (przyjęto, że zmierzona zawartość tlenu w pomieszczeniu powinna odpowiadać składowi chemicznemu atmosfery, z wyłączeniem pary wodnej, tj. 20,946%⁴). Należy zaznaczyć, iż ze względu na trwający proces spalania, dalece mało prawdopodobny jest wzrost poziomu tlenu, niemniej jednak wymagania normatywne wskazują na taką możliwość. W trakcie procedury testowej należy zarejestrować informacje o czasie [s] wypływu środka gaśniczego oraz o czasie [s] do osiągnięcia wygaszenia stosów. Czas (wypływu aerozolu) można określić na różne sposoby, najczęściej za pomocą odczytów termopar. Dopuszcza się też wykorzystanie np. kamer termowizyjnych⁵. W związku ze sposobem działania generatorów

⁴ <https://www.noaa.gov/jetstream/atmosphere> National Oceanic and Atmospheric Administration.

⁵ The functional test also cites as acceptable methods, among others, the measurement of pressure during combustion of the aerosol material in the generator or the recording of the sound accompanying the discharge.

⁴ <https://www.noaa.gov/jetstream/atmosphere> National Oceanic and Atmospheric Administration.

⁵ Badanie funkcjonalne powołuje również jako dopuszczalne metody m.in. pomiar ciśnienia podczas spalania materiału aerozolutwórczego w generatorze lub rejestrację dźwięku towarzyszącego wyładowaniu.

time from the end of discharge of the system to the opening of the test room) should be recorded.

Once the triggering of the installation has started, the “observation” of the stack extinguishing should be performed (methods analogous to those described in the paragraph above). The test room at the end of the aerosol discharge should remain sealed for a further 600 seconds. After this time (known as the retention time), the stacks should be removed from the room and observed to determine whether combustion has ceased or whether there are signs of recurrence. The following must be recorded: presence and location of the heat, whether the pile (or individual beams comprising the pile) reignites (relapse). In addition, the weight of the stack after the test should be weighed and recorded. If necessary, change the extinguishing concentration and repeat the test procedure until three consecutive effective extinguishments are obtained.

Group B fire

Test fire using polymer sheets

The combustible material in the test fire is plastic:

- PMMA (poly(methyl methacrylate));

Example: windows, skylights, noise barriers;

- polypropylene;

Example: packaging film, carpeting, foam insulation;

- ABS (acrylonitrile-butadiene-styrene polymer);

Example: housings for electronic equipment, e.g. domestic appliances, toys, office supplies.

skondensowanego aerozolu obserwacja wzrokowa będzie zazwyczaj niemożliwa. Ponadto należy rejestrować czas retencji (czas od zakończenia rozładowania układu do otwarcia pomieszczenia testowego).

Po rozpoczęciu procesu wyzwolenia instalacji należy dokonać „obserwacji” wygaszenia stosu (metody analogiczne jak opisano powyższym akapicie). Pomieszczenie testowe po zakończeniu wyładowania aerozolu powinno pozostać szczelnie zamknięte przez kolejne 600 sekund. Po tym czasie (tzw. czas retencji) stopy należy wyjąć z pomieszczenia i poddać obserwacji w celu ustalenia, czy spalanie ustało lub czy nie występują oznaki nawrotu palenia. Rejestracji podlega: obecność i lokalizacja żaru, czy stos (lub poszczególne wchodzące w skład stosu belki) zapali się ponownie (nawrót palenia). Ponadto należy zważyć i zarejestrować masę stosu po badaniu. Jeśli to konieczne, należy zmienić stężenie gaśnicze i powtarzać procedurę testową do momentu uzyskania trzech kolejnych skutecznych ugaszeń.

Pożar grupy B

Pożar testowy z wykorzystaniem arkuszy polimerowych

Materiałem palnym podczas pożaru testowego jest tworzywo sztuczne:

- poli(metakrylan metylu), PMMA;

Przykład: okna, świetliki, ekrany przeciwhałasowe;

- polipropylen (ang. polypropylene);

Przykład: folia opakowaniowa, wykładziny, izolacje piankowe;

- terpolimer akrylonitrylo-butadieno-styrenowy, ABS (ang. acrylonitrile-butadiene-styrene polymer);

Przykład: obudowy aparatury elektronicznej np. wyposażenia AGD, zabawki, materiały biurowe.

Table 3. Plastic properties 25 kW/m². Exposure in the cone calorimeter

Tabela 3. Właściwości tworzywa sztucznego 25 kW/m². Narażenie w kalorymetrze stożkowym

Fuel / Paliwo	Colour / Kolor	Density / Gęstość	Ignition time / Czas zapalenia		Average of 180 seconds / Średnia ze 180 sekund		Effectiveness / Efektywność	
		[g/cm ³]	[s]	Tolerance / Tolerancja	Heat transfer coefficient / Współczynnik oddawania ciepła		Combustion heat / Ciepło spalania	
					kW/m ²	Tolerance / Tolerancja	MJ/kg	Tolerance / Tolerancja
PMMA	black / czarny	1.19	77	30%	286	25%	23.3	25%
Polypropylene / Polipropylen	natural to plastic – white / naturalny dla tworzywa – biały	0.905	91	30%	225	25%	39.6	25%
ABS	natural to plastic – creamy / naturalny dla tworzywa – kremowy	1.04	115	30%	484	25%	29.1	25%

Source: Own elaboration based on [19].

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [19].

Four sheets of material, e.g. PMMA, are used for the test. The dimensions of the sheets are 405 mm [± 5 mm] high and 200 mm [± 5 mm] wide. During the test, the sheets are arranged as shown in Figure 6. The bottom of the sheets should be 203 mm from the ground. Each sheet should be subjected to a weight measurement before being positioned in the frame.

Na potrzeby badania wykorzystywane są cztery arkusze materiału np. PMMA. Wymiary arkuszy powinny wynosić 405 mm [± 5 mm] wysokości na 200 mm [± 5 mm] szerokości. Arkusze podczas badania rozmieszczone są jak na rycinie 6. Dół arkuszy powinien znajdować się na wysokości 203 mm od podłoża. Każdy z arkuszy przed ustawieniem w ramie powinien być poddany pomiarowi masy.

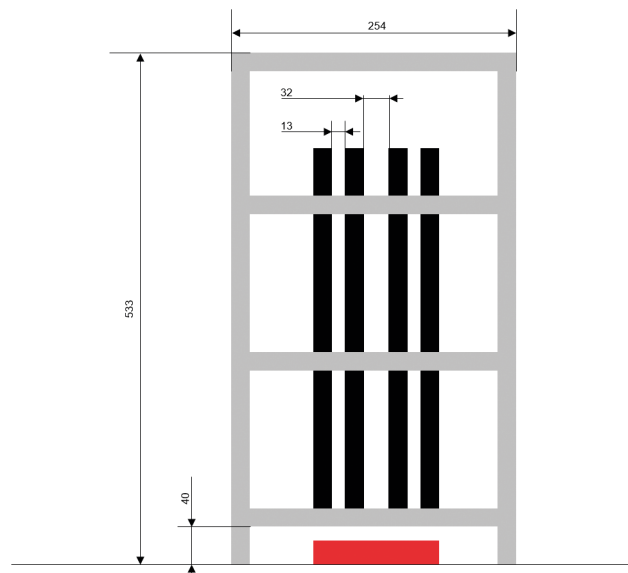


Figure 6. Simplified view of the PMMA sheet arrangement in the frame during the test fire – front view
Rycina 6. Uproszczony widok układu arkuszy PMMA w ramie podczas pożaru testowego – widok od przodu
Source: Own elaboration based on [19].
Źródło: Opracowanie własne na podstawie [19].

The PMMA mounting frame is then placed in the centre of the test stand. A cover with a height of 850 mm and a width of 380 mm is set above the mounting frame. The shield has only side walls (parallel to the PMMA) and a top plane. In the next step, a bottom divider (950 mm square) is set on four 90 x 90 x 90 mm blocks. The bottom divider is positioned so that its walls are parallel to the PMMA mounting frame cover. The top divider is then positioned on top of the bottom divider, rotated 45 degrees to the bottom divider. The bottom and top divider are 305 mm high. A view of the complete stand prepared for the test is shown in Figure 7.

Następnie rama montażowa z PMMA umieszczana jest na środku stanowiska testowego. Nad ramą montażową ustawiana jest osłona o wysokości 850 mm oraz szerokości 380 mm. Osłona posiada tylko ściany boczne (równoległe do PMMA) oraz płaszczyznę górną. W następnym kroku na czterech blokach o wymiarach 90 x 90 x 90 mm ustawiana jest przegroda zewnętrzna dolna (kwadrat o boku 950 mm). Przegroda dolna ustawiana jest w taki sposób, aby jej ściany były równoległe do osłony ramy montażowej PMMA. Następnie na przegrodzie zewnętrznej dolnej ustawiana jest przegroda zewnętrzna górna, obrócona wobec przegrody dolnej o 45 stopni. Przegrody dolna oraz górna mają wysokość 305 mm. Widok kompletnego stanowiska przygotowanego do badania przedstawiono na rycinie 7.

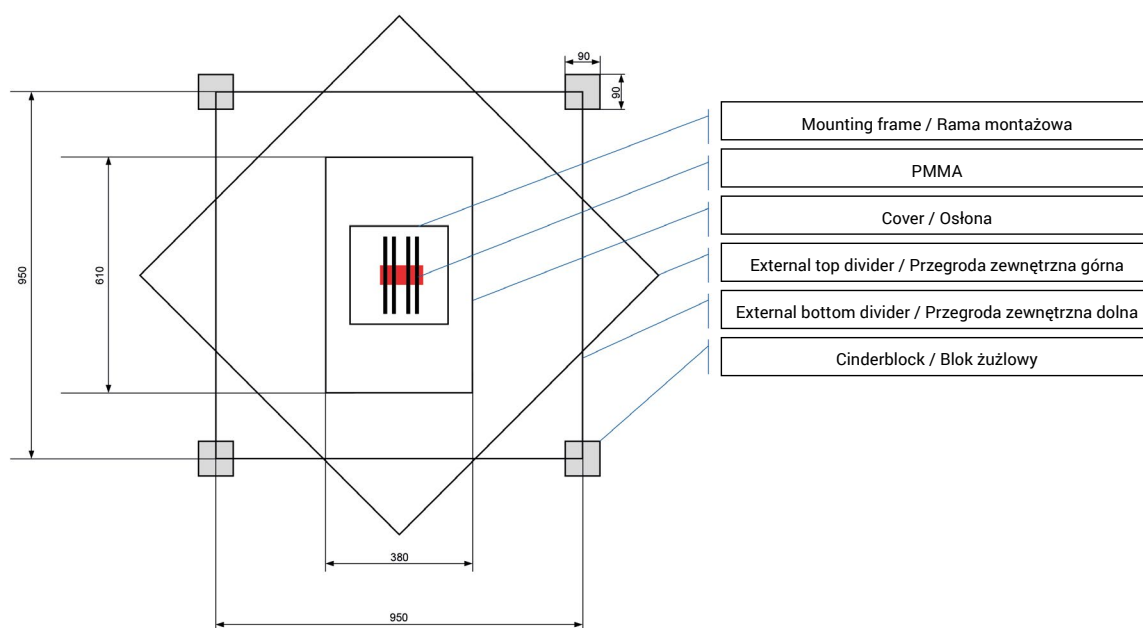


Figure 7. View of the PMMA frame set up inside the casing and divider of the test fire – top view
Rycina 7. Widok ramy z PMMA ustawionej wewnątrz osłony i przegród pożaru testowego – widok od góry

Source: Own elaboration based on [19].

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [19].

The source of the fire from which the plastic is occupied is a mixture of 40 ml of water and 6 ml of heptane. The mixture is placed in a container measuring 51 x 112 mm and 21 mm high. The container should be made of steel and placed directly under the combustible material. The test begins by igniting the container with the mixture of n-heptane and water. After 210 seconds (during which time the test chamber remains open, providing a normal supply of air), the test chamber is closed and the system is released.

At the time of triggering, the oxygen level measured at the height of the fuel (PMMA) should not drop below 0.5 % by volume compared to its normal concentration in the atmosphere (20.5%). The differences in oxygen levels resulting from the combustion of the material throughout the test must not exceed 1.5 % by volume. These differences are determined by comparing the values from the fire test and the so-called cold discharge, during which no material burns. After triggering the generator, the test chamber remains closed for 10 minutes. This time is counted from the end of the discharge. The chamber is then opened after 10 minutes. Subsequently, the PMMA is checked for the presence of burning, it is verified whether there is a recurrence of burning, and finally the mass (its loss) of the material after the test is verified.

Group C fire

The test procedure associated with the performance evaluation for Group C fires (gas fires) involves using a burner filled with two layers of sand and gravel. During the test, a controlled

Źródłem ognia, od którego zajmuje się tworzywo sztuczne, jest mieszanina 40 ml wody oraz 6 ml heptanu. Mieszanka umieszczona jest w pojemniku o wymiarach 51 x 112 mm oraz wysokości 21 mm. Pojemnik powinien być wykonany ze stali i umieszczony bezpośrednio pod materiałem palnym. Badanie rozpoczyna się od podpalenia zbiornika z mieszaniną n-heptanu oraz wody. Po 210 sekundach (w tym czasie komora badawcza pozostaje otwarta, zapewniając normalny dopływ powietrza) komora badawcza zostaje zamknięta, a system – wyzwolony.

W momencie wyzwolenia poziom tlenu mierzony na wysokości paliwa (PMMA) nie powinien spaść poniżej 0,5% objętościowego w porównaniu do normalnej jego koncentracji w atmosferze (20,5%). Różnice w poziomie tlenu wynikające ze spalania materiału podczas całego testu nie mogą przekraczać 1,5% objętości. Różnice te określa się na podstawie porównania wartości z testu pożarowego oraz tzw. zimnego wyładowania, podczas którego nie spala się żaden materiał. Po wyzwoleniu generatora komora badawcza pozostaje zamknięta przez 10 minut. Czas ten liczony jest od końca wyładowania. Następnie po upływie 10 minut komora jest otwierana. W dalszej kolejności sprawdzeniu podlega PMMA na okoliczność występowania palenia, weryfikowane jest, czy następuje nawrót palenia oraz końcowo weryfikowana jest masa (jej ubytek) tworzywa po badaniu.

Pożar grupy C

Procedura badawcza związana z oceną skuteczności dla pożarów grupy C (pożary gazów) zakłada wykorzystanie palnika wypełnionego dwiema warstwami piasku i żwiru. Podczas testu

volume of propane is blown through the sand burner⁶. After activation, the gas should have a heat output of 30 kW. The total burning time should be 120 seconds.

The objects to be extinguished shall be placed in the centre of the test room at floor level. The extinguishing generators should be installed in accordance with the specifications and arranged as specified by the manufacturer.

After the discharge has been completed, the test room should remain closed for at least 600 seconds. During this time, the test specimen should be monitored for signs of fire and smoke recurrence (using temperature measurements). After this time, visual inspection should be made for signs of flame and signs of activation without the presence of an extinguishing agent (aerosol). Any signs of fire should be described in the test report. The temperature after extinguishing is the determining factor. Visible fire is considered a sign of spontaneous activation, but smoke alone is not.

Functional test

The discharge time is the recorded value that makes up the functional test. The discharge time should be understood as the time measured from the activation of the condensed aerosol generator (generator response to an externally applied signal) to the end of the discharge. This time should be declared by the manufacturer, but should not (must not) be more than 90 seconds. The discharge time should be measured using thermocouples recording temperature changes at the beginning and end of the discharge or by recording the discharge infrared, measuring the pressure in the test chamber while the generator is burning, or recording the sound accompanying the discharge. Two techniques can be used to increase the accuracy of the measurement: temperature measurement and sound pressure level measurement. Combinations of measurement techniques can be arbitrary. Where appropriate, video footage can be correlated with SPL (sound pressure level) measurements and temperatures recorded by thermocouples.

The second component recorded during the functional test is the temperature of the aerosol. Aerosol flow temperatures should be measured using appropriate thermocouples. To measure the temperature, at manufacturer-specified minimum intervals appropriate for 75°C, 200°C and 400°C, an array of thermocouples is used which are arranged in the shape of a cross, with the centre of each cross aligned with the centre of the generator outlet and the ends of the cross aligned with the conical outlet path. In order to minimise the effect of aerosol flow on temperature readings, the crosses may be rotated relative to each other. It is also acceptable to use five thermocouples – one in the centre of the cross and four at its ends. In this configuration, the three highest readings of the five are taken for recording. The thermocouple array is presented in Figure 8.

In addition, the temperature on the outside of the generator housing is measured and recorded during the discharge. An array of thermocouples can also be used to measure the temperature

kontrolowana objętość propanu jest wdmuchiwana przez palnik piaskowy⁶. Po aktywacji gaz powinien mieć moc cieplną 30 kW. Całkowity czas palenia powinien wynosić 120 sekund.

Obiekty przeznaczone do gaszenia umieszcza się na środku pomieszczenia testowego na poziomie podłogi. Generatory gaśnicze powinny być zainstalowane zgodnie ze specyfikacją oraz rozmieszczone w sposób określony przez producenta.

Po zakończeniu wyładowania pomieszczenie testowe powinno pozostać zamknięte przez co najmniej 600 sekund. W tym czasie należy monitorować próbkę pod kątem oznak ognia i nawrotu palenia (wykorzystując do tego pomiary temperatury). Po tym czasie należy dokonać oględzin wizualnych pod kątem oznak płomienia i oznak aktywacji bez obecności środka gaśniczego (aerozolu). Wszelkie oznaki pożaru należy opisać w protokole z badania. Temperatura po ugaszeniu jest czynnikiem decydującym. Widoczny ogień jest uznawany za oznakę spontanicznej aktywacji, ale sam dym już nie.

Badanie funkcjonalne

Czas wyładowania jest wartością rejestrowaną, która składa się na badanie funkcjonalne. Poprzez czas wyładowania należy rozumieć czas mierzony od momentu aktywacji generatora skondensowanego aerozolu (reakcji generatora na podany z zewnątrz sygnał) do końca wyładowania. Czas ten powinien być zadeklarowany przez producenta, lecz nie powinien (nie może) wynosić więcej niż 90 sekund. Czas wyładowania należy mierzyć przy użyciu termopar rejestrujących zmiany temperatury na początku i na końcu rozładowania lub poprzez nagrywanie wyładowania w podczerwieni, pomiar ciśnienia w komorze testowej podczas spalania generatora lub rejestrację dźwięku towarzyszącego wyładowaniu. Dla zwiększenia dokładności pomiaru mogą być wykorzystane dwie techniki: pomiar temperatury oraz pomiar poziomu ciśnienia akustycznego. Kombinacje technik pomiarowych mogą być dowolne. W uzasadnionych przypadkach można skorelować materiał wideo z pomiarem SPL (ang. *sound pressure level*) oraz temperaturami zarejestrowanymi przez termopary.

Drugą z rejestrowanych składowych podczas badania funkcjonalności jest temperatura aerozolu. Temperatury przepływu aerozolu powinno mierzyć się za pomocą odpowiednich termopar. Do pomiaru temperatury, w określonych przez producenta minimalnych odstępach właściwych dla 75°C, 200°C oraz 400°C, stosuje się układ termopar, które ustawione są w kształcie krzyża, przy czym środek każdego krzyża powinien znajdować się w jednej linii ze środkiem wylotu generatora, zaś jego końce – w stożkowej ścieżce wylotowej. W celu zminimalizowania oddziaływania przepływu aerozolu na odczyty temperatury krzyże mogą być obracane względem siebie. Dopuszcza się również wykorzystanie pięciu termopar – jednej w środku krzyża i czterech na jego końcach. W takiej konfiguracji do zapisu pobiera się trzy najwyższe odczyty z pięciu. Układ termopar zaprezentowano na rycinie 8.

Ponadto podczas wyładowania mierzona oraz rejestrowana jest temperatura na zewnętrznej stronie obudowy generatora.

⁶ The gas burner used in the test procedure should be equipped with a thermal switch that independently interrupts the gas flow when the burner is extinguished.

⁶ Palnik gazowy wykorzystywany w procedurze badawczej powinien być wyposażony w wyłącznik termiczny, który niezależnie przerywa przepływ gazu, gdy palnik jest zgaszony.

of the outside of the generator housing, which this time must be adjacent to the housing. The installation locations of thermocouples should be selected so that they are placed at the locations with the expected highest temperature.

Do pomiaru temperatury zewnętrznej obudowy generatora również można użyć układu termopar, które tym razem muszą przylegać do obudowy. Miejsca instalacji termopar należy dobrać w taki sposób, aby były umieszczone w miejscach o przewidywanej najwyższej temperaturze.

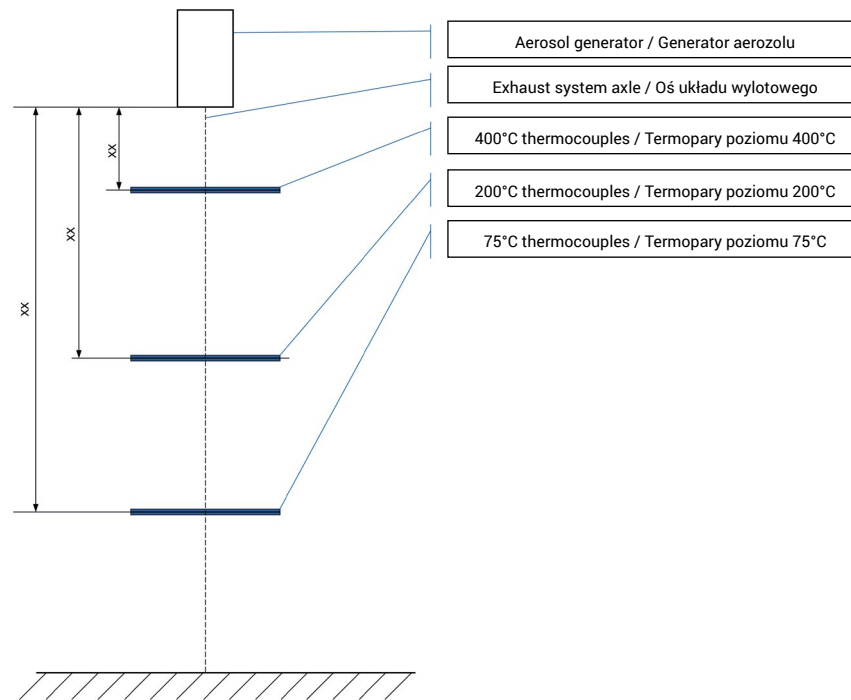


Figure 8. Simplified generator layout during functional test. Front view
Rycina 8. Uproszczony układ generatora podczas badania funkcjonalnego. Widok od przodu

Source: Own elaboration based on [19].

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [19].

The functional test procedure involves the discharge of condensed aerosol in the generator test chamber, previously conditioned for sixteen hours at 21°C (±4°C).

Procedura testowa badania funkcjonalności obejmuje wyładowanie w komorze testowej generatora skondensowanego aerozolu, uprzednio kondycjonowanego przez szesnaście godzin w temperaturze 21°C (±4°C).

Generator efficiency

Efficiency is an assessment of the effective mass of extinguishing agent discharged per generator, which provides the actual quantity (concentration) of aerosol extinguishing agent in the protected area (volume). Concentration should therefore be understood as the effective minimum mass of extinguishing agent discharged per unit volume of protected area (cubic volume) that is required to extinguish a fire involving a given fuel under specified experimental conditions. The concentration is measured in grams per cubic metre [g/m³] according to the following formula:

$$\text{effectiveness} = \frac{M_b - M_a}{M_c} \times 100 \quad (1)$$

Where:

M_b – mass [g] of aerosol generator before activation;

Wydajność generatora

Poprzez wydajność należy rozumieć ocenę efektywnej masy wyładowanego środka gaśniczego na generator, która zapewnia rzeczywistą ilość (stężenie) aerozolowego środka gaśniczego w chronionym obszarze (kubaturze). Stężenie powinno być zatem rozumiane jako efektywna minimalna masa uwolnionego środka gaśniczego na jednostkę objętości chronionego obszaru (kubatury), która jest wymagana do ugaszenia pożaru z udziałem danego paliwa w określonych warunkach eksperymentalnych. Stężenie mierzone jest w gramach na metr sześcienny [g/m³] wg poniższego wzoru:

$$\text{efektywność} = \frac{M_b - M_a}{M_c} \times 100 \quad (1)$$

Gdzie:

M_b – masa [g] generatora aerozolu przed aktywacją;

Ma – mass [g] of aerosol generator after discharge;
 Mc – mass [g] of aerosol material in the generator (as specified by the manufacturer);
 Effectiveness – the actual amount of aerosolised extinguishing agent in the protected area after discharge.

The laboratory extinguishing concentration is the value that ensures satisfactory extinguishing of the fire in three consecutive tests (no presence of burning embers or re-ignition within 600 seconds of the end of the discharge). It is calculated by dividing the total effective mass of the extinguishing agent of the generator by the volume of the test room.

Ma – masa [g] generatora aerozolu po wyładowaniu;
 Mc – masa [g] materiału aerozolutwórczego w generatorze (zgodnie ze specyfikacją producenta);
 Efektywność – rzeczywista ilość aerozolowego środka gaśniczego w chronionym obszarze po wyładowaniu.

Laboratoryjne stężenie gaśnicze to wartość, która zapewnia zadowalające ugaszenie pożaru w trzech kolejnych badaniach (brak płonącego żaru lub ponownego zapłonu w czasie 600 sekund od zakończenia wyładowania). Oblicza się je, dzieląc całkowitą masę efektywną środka gaśniczego generatora przez objętość pomieszczenia testowego.

Table 4. Functional test conditions
Tabela 4. Warunki badań funkcjonalnych

Parameter / Parametr	Requirement / Wymaganie	Tolerance / Tolerancja
Visual assessment / Ocena wizualna	During discharge: No flames emanating from the housing outlet system / Podczas wyładowania: Brak płomieni wydobywających się z układu wylotowego obudowy	Not applicable / Nie dotyczy
Discharge / Czas wyładowania	According to the manufacturer's specifications / Zgodnie ze specyfikacją producenta	5 seconds \pm 20% or \pm 5 seconds (greater value decides / 5 sekund \pm 20% lub \pm 5 sekund (decyduje większa wartość)
Temperatures at specified minimum intervals for 75°C, 200°C and 400°C / Temperatury przy określonych minimalnych odstępach dla 75°C, 200°C oraz 400°C	According to the manufacturer's specifications / Zgodnie ze specyfikacją producenta	Not applicable / Nie dotyczy
Housing temperature / Temperatura obudowy	According to the manufacturer's specifications / Zgodnie ze specyfikacją producenta	Not applicable / Nie dotyczy
Discharged aerosol mass / Masa wyładowanego aerozolu	Measurement difference of the generator mass before and after activation / Różnica pomiaru masy generatora przed aktywacją i po wyładowaniu	+5%

Source: Own elaboration based on [19].
 Źródło: Opracowanie własne na podstawie [19].

Mechanical impact resistance test (free fall test)

The test is designed to simulate a realistic event associated with a high force impact on the generator. The purpose of the test is to demonstrate that a condensed aerosol generator exposed exposure, e.g. from a fall, will behave in an appropriate manner (i.e. no unintentional discharge occurs during exposure and that its parameters are maintained after exposure).

Test should be carried out inside suitably protected test facilities, bearing in mind that an extreme negative test result could be the triggering of an aerosol generator. The impact surface

Badanie odporności na udary mechaniczne (próba spadku swobodnego)

Badanie ma na celu symulować realistyczne zdarzenie związane z uderzeniem z dużą siłą w generator. Celem badania jest wykazanie, że generator skondensowanego aerozolu wystawiony na narażenie związane np. z upadkiem zachowa się w odpowiedni sposób (tj. podczas narażenia nie nastąpi niezamierzone wyładowanie oraz że po narażeniu zostaną zachowane jego parametry).

Badanie należy przeprowadzać wewnątrz odpowiednio zabezpieczonych pomieszczeń badawczych, mając na uwadze, iż skrajnie negatywnym wynikiem badania może być wyzwolenie

should be a solid base – as defined in the test methodology – with a reasonably smooth surface. An example of such a “reasonably smooth surface” could be a steel plate at least 75 mm thick. The plate should have Brinell hardness of not less than 200 mm. Brinell hardness is determined in accordance with Polish Standard PN-EN ISO 6506-1:2014-12 *Metals – Measurement of Brinell hardness – Part 1 Testing method*. The measurement consists of pressing an indenter, in the form of a hardened steel ball or a carbide ball of diameter D , into the surface of the material under test for a specified time with a specified force. Brinell hardness [HB] defines the ratio of the force P pushing the indenter to the area A of the permanent indentation that will form a spherical bowl on the surface of the material [20]. The plate during the test should be set on a concrete foundation with a minimum thickness of 600 mm. The hardness of the plate in the test, in addition to the height from which the test is carried out, is one of the key aspects, as it is supposed to influence the acceptance of the entire force of the device on itself.

The condensed aerosol generator is dropped from 2 metres, the height is determined from the impact surface to the nearest point or to the surface of the generator. In addition to the height, the standard [19] does not specify the alignment of the generator, which should be considered as lacking in the described test methodology. It should therefore be considered, bearing in mind the construction of a particular generator, to adopt several generator positions during testing or to determine the worst position for a given generator type. The result of the test is considered positive after the functional test. The proposed generator layout during the mechanical impact resistance test is presented in Figure 9. It should be noted that the figure does not exhaust all possibilities. Lack in the methodology, at its extreme, could result in an excessive number of tests (the generator can be rotated every 15°, for example), affecting their cost, time and the number of samples needed for this one test. Regardless of the test results that are carried out during the conformity assessment process and the manufacturer’s declaration of a positive result, under no circumstances should a generator that, for example, has fallen during installation at height, be installed.

działania generatora aerozolu. Powierzchnia uderzenia powinna być solidną podstawą – jak określono w metodyce badawczej – o rozsądnie gładkiej powierzchni. Przykładem takiej „rozsądnie gładkiej powierzchni” może być stalowa płyta o grubości nie mniejszej niż 75 mm. Twardość płyty w skali Brinella nie powinna być mniejsza niż 200 mm (ang. [...] *and Brinell hardness of not less than 200 mm*). Twardość metodą Brinella określa się wg Polskiej Normy PN-EN ISO 6506-1:2014-12 *Metale – Pomiar twardości sposobem Brinella – Część 1: Metoda badania*. Pomiar polega na wciśnięciu określoną siłą węgelnika, w postaci hartowanej kulki stalowej lub kulki z węglików spiekanych o średnicy D , w powierzchnię badanego materiału w określonym czasie. Twardość Brinella [HB] określa stosunek siły P wciskającej węgelnik do pola A trwałego odcisku, który w postaci czaszy kulistej utworzy się na powierzchni materiału [20]. Płyta podczas badania powinna być osadzona na betonowym fundamencie o minimalnej grubości 600 mm. Twardość płyty w badaniu, poza wysokością, z jakiej dokonuje się badania, jest jednym z kluczowych aspektów, ma ona bowiem wpłynąć na przyjęcie całej siły urządzenia na siebie.

Generator skondensowanego aerozolu zrzucany jest z wysokości 2 metrów, przy czym wysokość określana jest od powierzchni uderzenia do najbliższego punktu lub do powierzchni generatora. Norma [19], oprócz wysokości, nie określa ułożenia generatora, co należy uznać za brak w opisanej metodyce badawczej. Należy zatem rozważyć, mając na uwadze budowę konkretnego generatora, aby podczas badań przyjęć kilka położeń generatora lub określić najgorsze położenie dla danego typu generatora. Wynik badania uznaje się za pozytywny po przeprowadzeniu badania funkcjonalności. Proponowany układ generatora podczas badania odporności na udary mechaniczne zaprezentowano na rycinie 9. Należy zwrócić uwagę, iż rycina nie wyczerpuje wszystkich możliwości. Brak w metodyce, w swojej skrajności, mógłby skutkować nadmierną liczbą badań (generator można np. obracać co 15°), wpływając na ich koszt, czas i liczbę próbek niezbędną na potrzeby tego jednego badania. Niezależnie od wyników badań, które są realizowane w procesie oceny zgodności i deklaracji producenta o pozytywnym ich wyniku, w żadnym wypadku nie należy podejmować się instalowania generatora, który np. upadł podczas instalacji na wysokości.

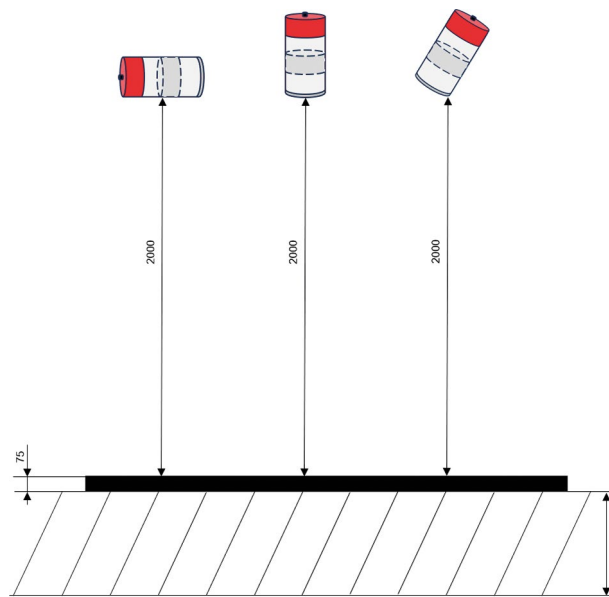


Figure 9. Simplified layout of the generator during the mechanical impact resistance test – front view
Rycina 9. Uproszczony układ generatora podczas badania odporności na udary mechaniczne – widok od przodu

Source: Own elaboration.
Źródło: Opracowanie własne.

Open fire exposure test

The test is designed to simulate a realistic fire event. The purpose of the open fire exposure test is to demonstrate that a condensed aerosol generator exposed to a relatively short duration fire will behave in an appropriate manner (i.e. no unintentional discharge will occur during exposure and that its performance will be maintained after exposure).

The test is carried out indoors. Above all, unwanted factors (e.g. draught) that could distort the flame shape and thus reduce exposure should be prevented from affecting the test. Each sample should be subjected to a mass measurement before testing. The specimen should then be installed in the mounting bracket so that the bottom of the generator (predominantly the housing outlet system) is 915 ± 15 mm above the bottom of the tray filled to half its height with n-heptane⁷. The square-shaped tray should have a side length of 500 mm and a corresponding area of 0.25 m^2 . The height of the tray wall should be 100 mm, the thickness of the wall should be 6 mm.

For the test, the tray is filled to a height of no less than 25 mm, which represents 6.250 litres of heptane. The heptane is then ignited and should burn for at least 60 seconds. After exposure to fire, the aerosol generator sample should be discharged according to the functional test procedure.

The test (a simplified view of the sample tray arrangement is shown in Figure 10) is considered to be successfully completed when the exposed sample meets three conditions during the functional test:

- the sample is operating as intended and
- the discharge time is within 20 % or ± 5 seconds of the

⁷ C7H16, melting/solidification point: min. -90°C , boiling point: max. 100°C , density at 15.6°C : $700 [\pm 50] \text{ kg/m}^3$ (0.7 g/cm^3).

Badanie narażenia na otwarty ogień

Badanie ma na celu symulować realistyczne zdarzenie pożarowe. Celem badania narażenia na otwarty ogień jest wykazanie, że generator skondensowanego aerozolu wystawiony na relatywnie krótkotrwałe działanie ognia zachowa się w odpowiedni sposób (tj. podczas narażenia nie nastąpi niezamierzone wyładowanie oraz że po narażeniu zostaną zachowane jego parametry).

Badanie przeprowadza się wewnątrz pomieszczenia. Przede wszystkim należy zapobiec wpływowi na badanie niepożądanych czynników (np. przeciąg), które mogłyby zniekształcić płomień, a tym samym zmniejszyć narażenie. Każda próbka przed badaniem powinna zostać poddana pomiarowi masy. Następnie próbkę należy zainstalować w uchwycie montażowym w taki sposób, aby dolna część generatora (przeważanie układ wylotowy obudowy) znajdowała się na wysokości 915 ± 15 mm nad dnem tacy wypełnionej do połowy swojej wysokości n-heptanem⁷. Taca o kształcie kwadratu powinna mieć bok o długości 500 mm i odpowiednio powierzchnię równą $0,25 \text{ m}^2$. Wysokość ściany tacy powinna wynosić 100 mm, grubość ściany – 6 mm.

Na potrzeby badania taca jest wypełniana do wysokości nie niższej niż 25 mm, co stanowi 6,250 litra heptanu. Następnie heptan jest zapalany i powinien palić się przez co najmniej 60 sekund. Po ekspozycji na ogień, próbka generatora aerozolu powinna zostać rozładowana zgodnie z procedurą badania funkcjonalności.

Badanie (uproszczony widok układu próbki z tacą przedstawiono na rycinie 10) uznaje się za zakończone z wynikiem pozytywnym po spełnieniu przez poddaną narażeniu próbkę trzech warunków podczas badania funkcjonalności:

⁷ C7H16, temperatura topnienia / krzepnięcia: min. -90°C , temperatura wrzenia: maks. 100°C , gęstość przy $15,6^\circ\text{C}$: $700 [\pm 50] \text{ kg/m}^3$ ($0,7 \text{ g/cm}^3$).

- mean discharge time determined at 21°C (\pm 4°C) during the functional test, and
- the quantity discharged is at least 90% of the average quantity discharged at 21°C (\pm 4°C) in the functional test. For this purpose, each sample, as mentioned in the introduction, is subjected to a measurement of its mass prior to the test. Factor loss is defined as the difference between the mass of the generator after the test and the mass of the sample measured before the test.
 - próbka działa zgodnie z przeznaczeniem oraz
 - czas rozładowania mieści się w granicach 20% lub \pm 5 sekund średniego czasu rozładowania określonego w temperaturze 21°C (\pm 4°C) w badaniu funkcjonalności oraz
 - ilość wyładowanego czynnika wynosi co najmniej 90% średniej ilości wyładowywanego czynnika w temperaturze 21°C (\pm 4°C) w badaniu funkcjonalności. W tym celu każda próbka, jak wspomniano na wstępie, przed badaniem poddawana jest pomiarowi swojej masy. Ubytek czynnika określa się jako różnicę masy generatora po badaniu oraz masy próbki zmierzonej przed badaniem.

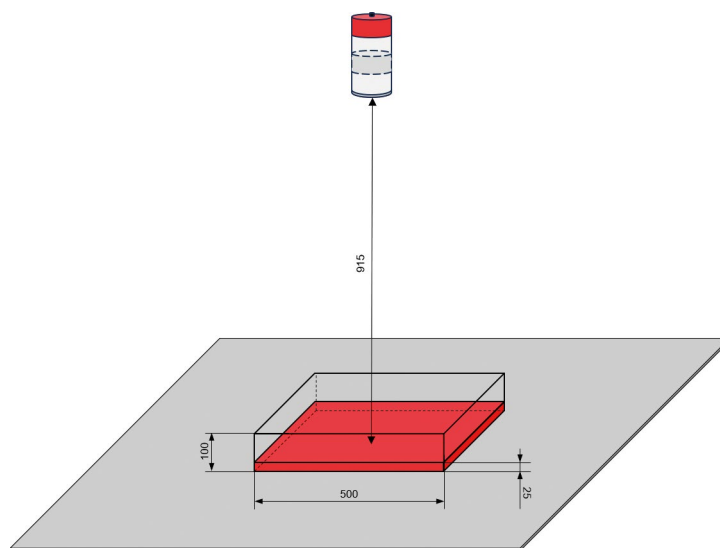


Figure 10. Simplified view during the fire exposure test
Rycina 10. Uproszczony widok podczas badania narażenia na ogień
Source: Own elaboration.
Źródło: Opracowanie własne.

Conclusions

The list of halons in the Montreal Protocol included three common fire extinguishing agents: bromochlorodifluoromethane – Halon 1211, dibromotetrafluoroethane – Halon 2402 and bromotrifluoromethane – Halon 1301, whose relative ozone depletion potential (ODP) is 3, 6 and 10, respectively. Condensed aerosol generators provide suppression and quenching mechanisms without ODP ozone depletion potential. They also have no global warming potential (GWP). Condensed aerosol generators, which are a key component of aerosol fire extinguishing systems, represent, alongside other fire protection systems, not only the safety of the buildings themselves, but mainly affect the safety of their occupants, by stopping the fire in the extinguishing zone for the time necessary for the arrival of the emergency services. In this context, the paper discusses selected laboratory tests performed as part of the assessment and verification of constancy of performance. The tests carried out by national

Podsumowanie

Lista halonów w Protokole Montrealskim obejmowała trzy popularne środki gaśnicze: bromochlorodifluorometan – Halon 1211, dibromotetrafluoroetan – Halon 2402 oraz bromotrifluorometan – Halon 1301, których względny potencjał niszczenia ozonu (ang. *ozone depletion potential*, ODP) wynosi odpowiednio 3, 6 oraz 10. Generatory skondensowanego aerozolu zapewniają mechanizmy tłumienia oraz gaszenia, nie mając potencjału niszczenia warstwy ozonowej ODP. Nie mają również potencjału globalnego ocieplenia (ang. *global warming potential*, GWP). Generatory skondensowanego aerozolu, będące kluczowym podzespołem aerozolowych zestawów gaśniczych, stanowią obok innych systemów przeciwpożarowych, nie tylko o bezpieczeństwie samych obiektów budowlanych, ale głównie wpływają na bezpieczeństwo ich użytkowników, poprzez zatrzymanie pożaru w strefie gaśniczej przez czas konieczny do przybycia odpowiednich służb ratowniczych. W tym kontekście omówiono w artykule wybrane badania laboratoryjne,

technical assessment bodies are one of the steps in the verification of the effectiveness of the equipment, so that the end-user has no doubts about the effectiveness of the equipment under the given fire risk conditions.

The paper presents a methodology for testing fire-extinguishing effectiveness, proposes a method for testing mechanical shock resistance, which is a refinement of the conditions described in the Polish Standard and attention is drawn to the test of exposure to open fire, specifying which conditions may distort the test result.

Regardless of the effectiveness of the systems themselves, an important aspect of safety is the knowledge of the owners and managers of buildings equipped with this type of fixed firefighting system of the principle of operation and thus the conditions that will be created at the site of a fire, which mainly include the almost total lack of visibility and an atmosphere filled with released aerosol, the increase in temperature (especially near the generator), as well as the increase in pressure during the discharge.

A separate issue from the actual effectiveness of the device remains its correct application, so it will be crucial in the next stages of the work to define the basics related to the connection of the generators to the installation forming the fixed firefighting system, to identify and describe the issues related to design, installation and maintenance, and to determine the risks related to the potential exposure of the users of structures being built to the extinguishing aerosol.

wykonywane w ramach oceny i weryfikacji stałości właściwości użytkowych. Badania realizowane przez krajowe jednostki oceny technicznej są jednym z etapów weryfikacji skuteczności urządzeń, tak aby użytkownik końcowy nie miał wątpliwości co do skuteczności urządzenia w danych warunkach związanych z zagrożeniem pożarowym.

W artykule przedstawiono metodykę badania skuteczności gaśniczej, zaproponowano sposób badania odporności na udary mechaniczne, który jest doprecyzowaniem warunków opisanych w Polskiej Normie oraz zwrócono uwagę na badanie narażenia na otwarty ogień, doprecyzowując, jakie warunki mogą wpłynąć na zniekształcenie wyniku badania.

Niezależnie od skuteczności samych systemów, ważnym aspektem bezpieczeństwa jest wiedza właścicieli i zarządców obiektów budowlanych wyposażonych w tę odmianę stałego urządzenia gaśniczego na temat jego zasady działania, a tym samym warunków, jakie zostaną wytworzone w miejscu pożaru, do których w głównej mierze zaliczyć należy niemalże całkowity brak widoczności oraz atmosferę wypełnioną uwolnionym aerozolem, wzrost temperatury (szczególnie w pobliżu generatora), a także przyrost ciśnienia w czasie wyładowania.

Kwestią odrębną od faktycznej skuteczności urządzenia pozostaje jego prawidłowe zastosowanie, dlatego na dalszych etapach prac kluczowe będzie określenie podstaw związanych z połączeniem generatorów z instalacją tworzącą stałe urządzenie gaśnicze, określenie i opisanie zagadnień związanych z projektowaniem, instalowaniem i konserwacją oraz ustalenie zagrożeń związanych z potencjalnym narażeniem użytkowników obiektów budowlanych na aerosol gaśniczy.

Abbreviations

ABS	– acrylonitrile-butadiene-styrene polymer
CFC	– chlorofluorocarbons
CNBOP-PIB	– Scientific and Research Centre for Fire Protection – National Research Institute
CSG	– fire extinguishing control
CSUP	– fire extinguishing control panel
EFTA	– European Free Trade Association
EOT	– European technical assessment
GWP	– global warming potential
ITB	– Building Research Institute
LPCB	– The Loss Prevention Certification Board
NFPA	– The National Fire Protection Association
ODP	– ozone depletion potential
PMMA	– poly(methyl methacrylate)
SPL	– sound pressure level
SUG-A	– fixed firefighting system – aerosol
UL	– Underwriters Laboratories
USiS	– control and indicating device

Skróty

ABS	– terpolimer akrylonitrylo-butadieno-styrenowy
CFC	– chlorofluorowęglowodory
CNBOP-PIB	– Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpowozarowej – Państwowy Instytut Badawczy
CSG	– centrala sterowania gaszeniem
CSUP	– centrala sterująca urządzeniem przeciwpożarowym
EFTA	– Europejskie Stowarzyszenie Wolnego Handlu
EOT	– europejska ocena techniczna
GWP	– potencjał globalnego ocieplenia
ITB	– Instytut Techniki Budowlanej
ODP	– potencjał niszczenia ozonu
PMMA	– poli(metakrylan metylu)
SPL	– poziom ciśnienia akustycznego
SUG-A	– stałe urządzenie gaśnicze – aerozolowe
USiS	– urządzenie sterujące i sygnalizujące

Literature / Literatura

- [1] *The Montreal Protocol on Substances That Deplete the Ozone Layer*, U.S. Department of State, Office of Environmental Quality, <https://www.state.gov/key-topics-office-of-environmental-quality-and-transboundary-issues/the-montreal-protocol-on-substances-that-deplete-the-ozone-layer/> [dostęp: 20.10.2023].
- [2] Curtin R., Williams S., *Analysis of Gaseous Fire Suppression Systems in Australia*, Fire Protection Association Australia, Version 5.0, 6.03.2018.
- [3] *Maintenance of condensed aerosol fire extinguishing systems/equipment controlled by electronic detection systems*, Euralarm Guidance, V1.0-EN, April 2023.
- [4] Polska Norma PN-EN 2:1998+A1:2006, Podział pożarów.
- [5] NFPA 2010:2020 Standard for Fixed Aerosol Fire-Extinguishing Systems.
- [6] NFPA 10:2022 Standard for Portable Fire Extinguishers.
- [7] The Fire Safety Advice Centre, <https://www.firesafe.org.uk/information-about-the-fire-triangletetrahedron-and-combustion/> [dostęp: 20.10.2023].
- [8] Standard CNBOP-PIB-BU01P.2017 Proszki gaśnicze, wyd. 1., CNBOP-PIB, Józefów 2017.
- [9] *Podstawowe pojęcia dot. pożarów*, Uniwersytet w Saragossie, <https://uprl.unizar.es/seguridad-laboral/nociones-basicas-sobre-incendios> [dostęp: 20.10.2023].
- [10] EN ISO 13943:2023 Fire Safety – Vocabulary.
- [11] Rohilla M., Saxena A., Tyagi Y.K., Singh I., *Condensed Aerosol Based Fire Extinguishing System Covering Versatile Applications – A Review*, "Fire Technology", 2022, 58, 1, <https://doi.org/10.1007/s10694-021-01148-4>.
- [12] McNaught A.D., Wilkinson A., *Compendium of Chemical Terminology (Gold Book)*, Chalk S.J. (akt.), *International Union of Pure and Applied Chemistry*, wyd. 2, Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1997, <https://doi.org/10.1351/goldbook.A00176>.
- [13] Sobczyk L., Kiszka A., *Chemia fizyczna dla przyrodników*, PWN, 1981.
- [14] Goode T., *Machinery Space Fire Fighting – Modern Alternatives*, w: *Proceedings of the International Naval Engineering Conference & Exhibition (INEC)*, 14th International Naval Engineering Conference & Exhibition (INEC), Glasgow, 3.10.2018, <https://doi.org/10.24868/issn.2515-818X.2018.025>.
- [15] Biel M.M., *Nowoczesne środki gaśnicze i ich skuteczność działania*, Rozprawa doktorska, AGH, Kraków 2022.
- [16] Wilczkowski S., *Działania inhibicyjne wybranych związków chemicznych stosowanych w środkach gaśniczych*, „Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza” 2010, 3.
- [17] *Condensed Aerosol Fire Extinguishing Systems*, Allianz Risk Consulting, Tech Talk, Volume 15, Wyd. Allianz Global Corporate & Specialty SE, Reference TT 15/22/12, August 2018.
- [18] Izak P., Kidoń A., Mastalarska-Popławska J., *Mechanizm działania aerozolu gaśniczego*, BITP Vol. 46 Issue 2, 2017, pp. 56–71, <https://doi.org/10.12845/bitp.46.2.2017.4>.
- [19] Polska Norma PN-EN 15276-1:2019-07 Stałe urządzenia gaśnicze – Aerozolowe zestawy gaśnicze – Część 1: Wymagania i metody badań elementów składowych.
- [20] Konowski K., *Pomiary twardości metali*, Katedra Mechaniki i Podstaw Konstrukcji Maszyn, Laboratorium Wytrzymałości Materiałów, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Szczecin 2005.

ROBERT ŚLIWIŃSKI, M.A. ENG. – a graduate of the Civil Safety Engineering Department at the Main School of Fire Service in Warsaw. He completed post-graduate studies at the University of Warsaw and the Military University of Technology. Since the beginning of his professional work, he has been associated with the Scientific and Research Centre For Fire Protection – National Research Institute in Józefów. As a specialist of the Certification Department, he acted as the coordinator of the substantive area regarding devices included in fire alarm systems. As of 2019, Deputy Head of CNBOP-PIB Technical Assessment Department. CNBOP-PIB representative in PKN KT 173 (Interfaces and Building Electronic Systems), deputy chairman of the Technical Council for national technical assessments.

MGR INŻ. ROBERT ŚLIWIŃSKI – absolwent Wydziału Inżynierii Bezpieczeństwa Cywilnego Szkoły Głównej Służby Pożarniczej w Warszawie oraz Szkoły Głównej Handlowej. Ukończył studia podyplomowe na Uniwersytecie Warszawskim oraz Wojskowej Akademii Technicznej im. Jarosława Dąbrowskiego. Od początku pracy zawodowej związany z Centrum Naukowo-Badawczym Ochrony Przeciwożarowej – Państwowym Instytutem Badawczym w Józefowie. Jako specjalista Jednostki Certyfikującej pełnił rolę koordynatora obszaru merytorycznego dot. urządzeń wchodzących w skład systemów sygnalizacji pożarowej. Od 2019 roku Zastępca Kierownika Zakładu Ocen Technicznych CNBOP-PIB. Przedstawiciel CNBOP-PIB w PKN KT 173 (Interfejsów i Budynkowych Systemów Elektronicznych), zastępca przewodniczącego Rady Technicznej ds. Krajowych Ocen Technicznych.