

Tomasz Klimczak

Detekcja dymu w wielokubaturowych obiektach infrastruktury transportowej

JEL: R41 DOI: 10.24136/atest.2019.223

Data zgłoszenia: 27.01.2020 Data akceptacji: 10.02.2020

W artykule omówiono urządzenia (podzespoły wchodzące w skład systemu sygnalizacji pożarowej) służące do detekcji dymu, które można zastosować w celu zapewnienia bezpieczeństwa pożarowego wielokubaturowych obiektów transportowych. W artykule omówiono zarówno powszechnie stosowane punktowe czujki dymu, czujki liniowe dymu, jak również bardziej zaawansowane technologicznie aspiracyjne czujki dymu (czujki zasysające) oraz czujki wykorzystujące nowoczesne technologie związane z wideo detekcją. Omówiono ponadto praktyczne możliwości w zastosowaniu konkretnych rozwiązań oraz ograniczenia w ich stosowaniu. Zaznaczono kierunki rozwoju systemów sygnalizacji pożarowej, w tym w zakresie detekcji dymu.

Słowa kluczowe: czujka pożarowa, czujka liniowa dymu, czujka zasysająca, wideo detekcja pożaru, detekcja dymu, system sygnalizacji pożarowej.

Wstęp

Bezpieczeństwo pożarowe to stan eliminujący zagrożenie dla życia i zdrowia ludzi, uzyskiwany przez funkcjonowanie systemu norm, aktów prawnych i technicznych środków zabezpieczenia przeciwpożarowego, w tym poprzez elektroniczne systemy zabezpieczeń technicznych, oraz prowadzonych działań zapobiegawczych przed pożarem. Rodzaj przyjętej detekcji pożaru w wielokubaturowych obiektach infrastruktury związanej z transportem determinuje czas wykrycia zagrożenia pożarowego. Tylko wczesne wykrycie pożaru zapewnia bezpieczeństwo człowieka i infrastruktury technicznej i transportowej. Aktualnie obecnych jest kilka rozwiązań w tym zakresie, a zastosowanie każdego z nich powoduje określoną szybkość wykrycia zagrożenia pożarowego i różne skutki ekonomiczne, uzależnione od zaawansowania technologicznego przyjętego rozwiązania technicznego.

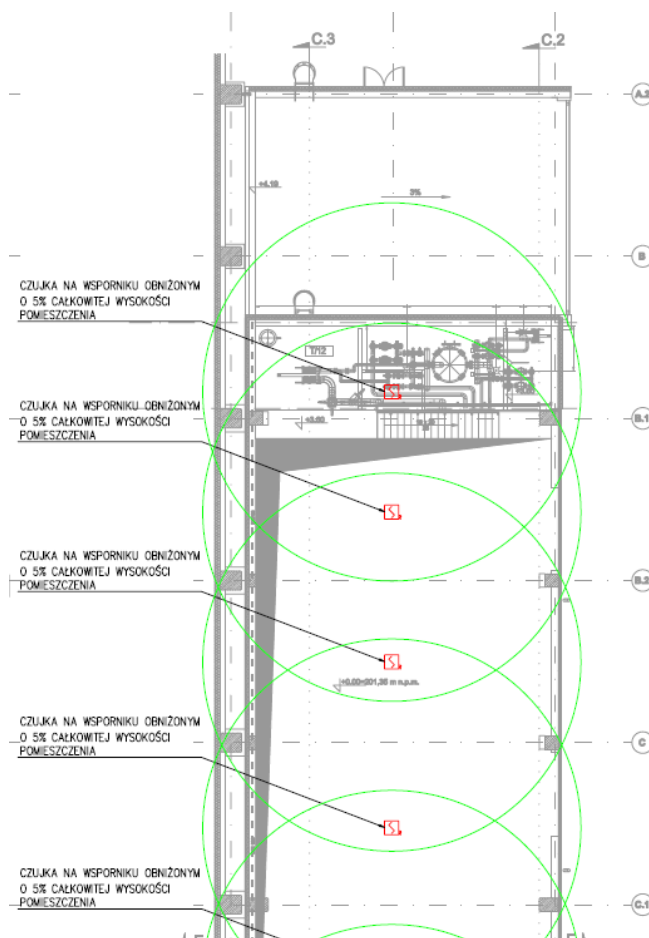
Określając wielokubaturowe obiekty infrastruktury transportowej i detekcję pożaru w takich obiektach, w szczególności mówimy o następujących budynkach i obiektach budowlanych:

- 1) hangarach,
- 2) halach postojowych,
- 3) halach magazynowych,
- 4) dworcach kolejowych,
- 5) dworcach lotniczych,
- 7) halach produkcyjnych środków transportowych.

Powyższy wykaz nie wyczerpuje wielokubaturowych obiektów transportowych, a jedynie wskazuje w szczególności jakie obiekty są rozpatrywane. Z uwagi na rodzaj materiałów palnych z jakim możemy mieć do czynienia w ww. obiektach w przedmiotowym artykule będą rozpatrywane w szczególności czujki dymu. Należy podkreślić, że nie rozpatruje się w niniejszym artykule tuneli drogowych i kolejowych, co zostanie objęte odrębnym opracowaniem, co z kolei wiąże się z możliwością zastosowania innych rozwiązań technicznych w zakresie detekcji pożaru.

1. Detekcja pożaru przy pomocy czujek punktowych dymu lub czujek wielodetektorowych

Zgodnie z definicją zawartą w Wytycznych Projektowania Instalacji Sygnalizacji Pożarowej SITP WP-02:2010 [1] czujka punktowa, to czujka, która reaguje na zjawisko występujące w pobliżu ustalonego punktu. Z uwagi na ograniczone możliwości stosowania czujek punktowych w przestrzeniach wysokich (zgodnie z PKN-CEN/TS 54-14:2006 [2] maksymalna wysokość instalowania czujek punktowych dymu przy zastosowaniu zwykłym to 11 m) oraz z uwagi na sposób ich działania, czyli konieczność dotarcia dymu do komory czujki, jak również ograniczenia środowiskowe, czujki te w takich przestrzeniach mają ograniczone zastosowanie. Należy podkreślić, że na czas reakcji czujek pożarowych dymu mają wpływ parametry lotnych produktów spalania – w zakresie bezpłomieniowego spalania materiałów są to własności optyczne dymu, a w zakresie płomieniowego parametry komór jonizacyjnych. W związku z tym należy stosować czujki jonizacyjne i wielodetektorowe przy spalaniu płomieniowym, a czujki optyczne przy spalaniu bezpłomieniowym.



Rys. 1. Zobrazowanie promienia działania czujki optycznej dymu w projekcie systemu sygnalizacji pożarowej (zielone koło)

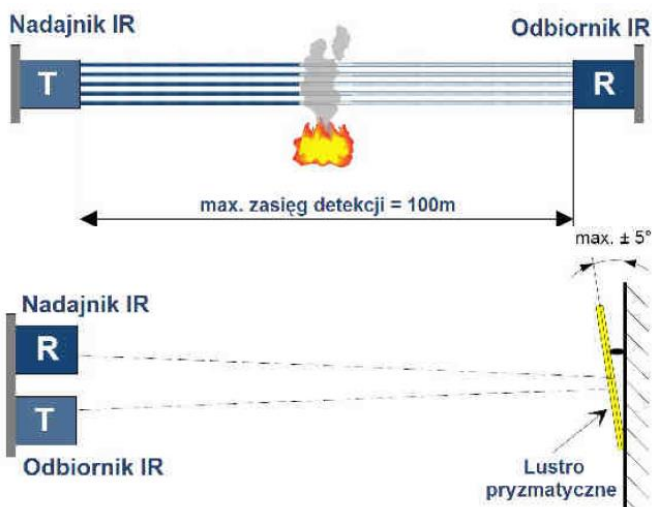
Aby czujka punktowa mogła wykryć zjawisko pożarowe (dym, ciepło, promieniowanie) musi znaleźć się w zakresie jego oddziaływania (zasięgu). Podgrzane powietrze w warunkach pożaru wraz z dymem jest wypierane ku górze przez chłodne powietrze docierające z boku. Najczęstszym zjawiskiem w pożarze jest przekształcanie się pożaru bezpłomieniowego w pożar płomieniowy. Zgodnie z [1] przyjmuje się, że powyżej wysokości 6 m występuje zjawisko tzw. ciepłej poduszki powietrznej, czyli podstropowej warstwy powietrza o podwyższonej temperaturze, w stosunku do temperatury powietrza z pozostałej części pomieszczenia. Grubość ciepłej poduszki powietrznej przyjmowana jest jako 5% całkowitej wysokości pomieszczenia. Dla konkretnego zastosowania (projektu) należy zmierzyć temperaturę specjalistycznym miernikiem o stałej czasowej mniejszej niż 2 s dla powietrza (średnica termopary 0,2 mm). Zgodnie z [1] i [2] maksymalny promień działania czujek wynosi 5 m dla czujek ciepła oraz 7,5 m dla czujek punktowych dymu.

Powszechne zastosowanie punktowych czujek dymu to przestrzenie o wysokości do 11 m, w których występują normalne warunki środowiskowe, bez kondensacji pary wodnej, gdzie nie występują pyły i pary powstające w procesie technologicznym.

2. Czujki liniowe dymu

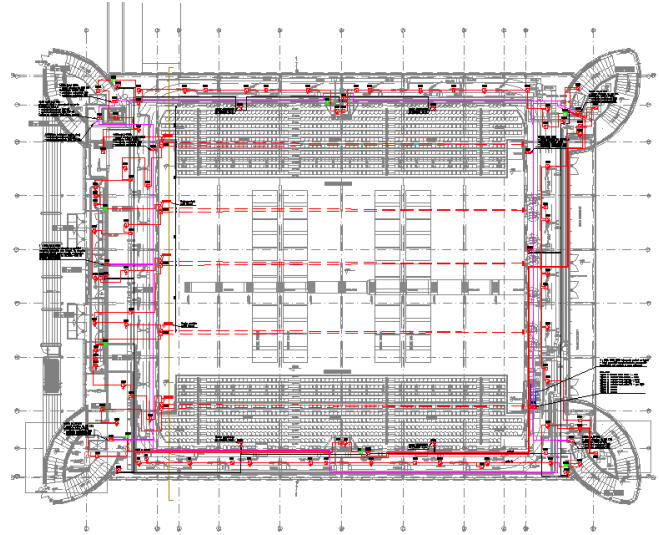
Czujka liniowa jest przeznaczona do wykrywania dymu powstającego we wczesnym stadium rozwoju pożaru. Nadaje się zwłaszcza do ochrony pomieszczeń, gdzie w pierwszej fazie pożaru spodziewane jest pojawienie się dymu i tam, gdzie ze względu na dużą powierzchnię pomieszczenia należałoby dla jego ochrony zastosować dużą liczbę punktowych czujek dymu. Liniowe czujki dymu są przy tym (w porównaniu do czujek punktowych dymu) czułe na średnią wartość gęstości dymu, na długiej drodze wiązki promieniowania podczerwonego, a zatem są szczególnie przydatne do stosowania w przestrzeniach, gdzie dym może ulec przed detekcją rozproszeniu na dużym obszarze [3].

Czujka liniowa dymu składa się z nadajnika i odbiornika promieniowania podczerwonego, umieszczonych w jednej lub odrębnych obudowach, oraz współpracującego, oddzielnego reflektora pryzmowego lub zespołu reflektorów, w zależności od odległości nadajnika od reflektora pryzmowego. Zasada działania czujki polega na ciągłej analizie przezroczystości optycznej powietrza w przestrzeni pomiędzy czujką a reflektorem pryzmowym.



Rys. 2. Budowa i zasada działania czujki liniowej dymu [4]

Czujka liniowa pracuje optymalnie przy jej montażu na wysokości do 11 m. Przy większych wysokościach, ponieważ zgodnie z [2] czujka liniowa jest nieprzydatna do stosowania na wysokościach powyżej 25 m, będzie niezbędny drugi poziom czujek w połowie wysokości chronionej przestrzeni. Należy tutaj zauważyć, że w nie każdych warunkach będzie możliwe zastosowanie drugiego poziomu czujek liniowych z uwagi na wyposażenie pomieszczeń chronionych, albo z uwagi na pracujące w tej strefie urządzenia, przesuwne elementy i inne, które okresowo mogą zakłócać tor optyczny czujki liniowej, a przez to także pracę dozоровą czujki.

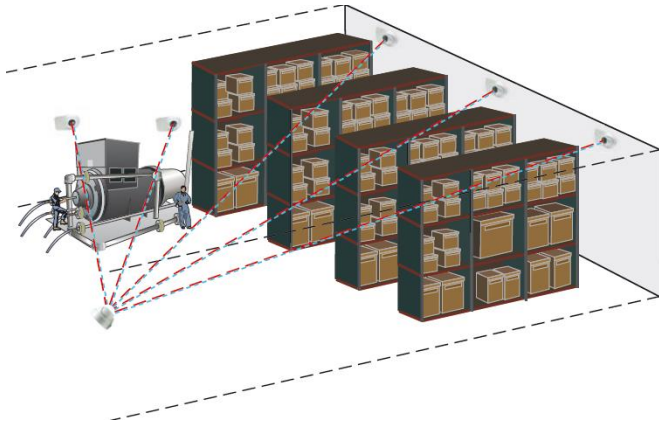


Rys. 3. Typowe rozmieszczenie czujek liniowych w obiekcie wielokubaturowym (pięć czujek liniowych dymu widocznych w środkowej części obiektu – tor optyczny między nadajnikiem a odbiornikiem pokazano czerwoną linią). Należy zwrócić uwagę na powierzchnię, jaka jest chroniona przez czujki liniowe w porównaniu z czujkami punktowymi

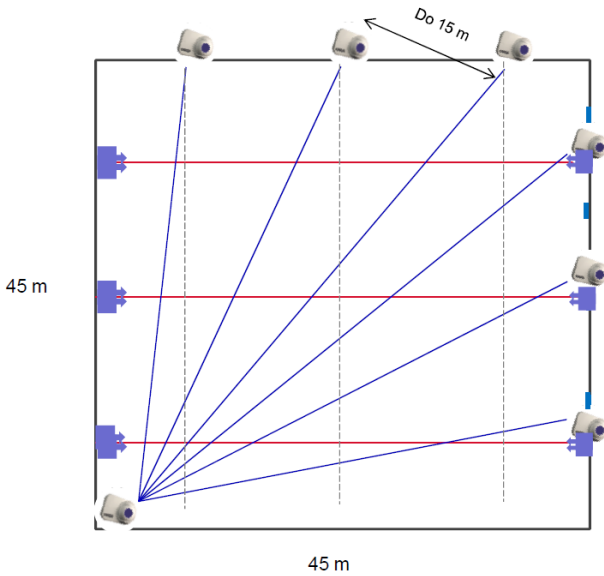
Promień działania D czujki liniowej, zgodnie z [2], wynosi 7,5 m, natomiast zgodnie z [1] wynosi 6 m dla przestrzeni o wysokości do 6 m, oraz 6,5 m dla przestrzeni o wysokości powyżej 6 m do 11 m.

Maksymalna powierzchnia chroniona przez pojedynczą czujkę liniową, przy odległości pomiędzy czujką a zespołem reflektorów pryzmowych 100 m, dla chronionego pomieszczenia o wysokości np. 10 m wynosi około 1300 m², a więc może ona zastąpić kilkanaście punktowych czujek dymu. Czujka powinna cały czas posiadać niezakłócony tor widzialności ze współpracującym pryzmatem. Powinna być usytuowana w obiekcie tak, aby jej tor optyczny nie był nawet czasowo przesłaniany przez ruchome przedmioty czy urządzenia, np. wystrój wnętrza, urządzenia z ruchomymi częściami przesłaniającymi czasowo tor optyczny, podnośniki, dźwigi, itp. W pomieszczeniach, gdzie przebywają ludzie, minimalna wysokość instalowania powinna wynosić 2,7 m (tak, aby wyciągnięte ręce człowieka nie zakłócały toru optycznego).

Coraz częściej wykorzystywane są tzw. wieloliniowe czujki liniowe dymu. Czujka wieloliniowa to czujka typu nadajnik – odbiornik, ale w której jeden odbiornik może współpracować z kilkoma nadajnikami. Odbiorniki te mogą być o różnych kątach widzenia (nominalnie 10°, 45° i 90°). Nadajniki mogą być zlokalizowane na różnych wysokościach i w różnych odległościach.



Rys. 4. Zasada działania czujki wieloliniowej [4, 5]



Rys. 5. Zasada działania czujki wieloliniowej [4, 5]

Czujka wieloliniowa najczęściej używa dwóch wiązek promieniowania: IR i UV, oraz matrycy CMOS do rejestrowania sygnałów emitowanych przez nadajniki. Znacznie przewyższa typowe czujki liniowe stabilnością pracy i odpornością na fałszywe alarmy wywołane kurzem, pyłami lub ruchami budynku. Użycie dwóch wiązek promieniowania umożliwia rozpoznawanie wielkości wykrywanych cząstek. Krótkofalowe promieniowanie UV jest silnie rozpraszane/tłumione przez cząstki o różnej wielkości. Na promieniowanie podczerwone IR, o dłuższej fali, oddziałują silnie tylko większe cząstki. Czujka wieloliniowa mierzy zmiany poziomów i stosunku dwóch sygnałów: ultrafioletowego i podczerwonego. Dysponuje więc znacznie większą ilością informacji niż typowa liniowa czujka dymu. Dzięki temu odróżnia duże cząstki kurzu i pyłów od dymu [4, 5].

3. Czujki zasysające

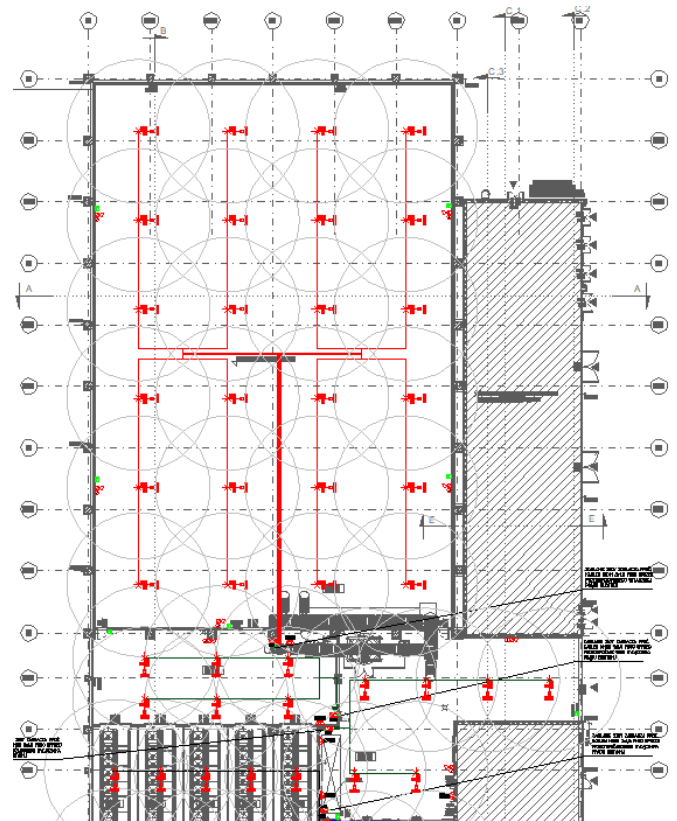
Zasysające systemy detekcji pożaru są aktywnymi urządzeniami detekcyjnymi, które w sposób ciągły pobierają próbki powietrza z nadzorowanej przestrzeni za pomocą wentylatora zasysającego i transportują je przez układ rur do modułu detekcyjnego. Systemy zasysające znajdują szczególne zastosowanie gdy wymagana jest najwyższa czułość detekcji lub w obiektach, w których punktowe czujki dymu nie mogą być użyte ze względu na trudne warunki otoczenia. Przykładem mogą być bardzo wysokie pomieszczenia, jak również obszary o bardzo dużym zanieczyszczeniu powietrza.

Również względy estetyczne mogą decydować o instalacji systemów aspiracyjnych (zasysających). W ochronie maszyn i rozbudowanych instalacji technologicznych, systemy aspiracyjne wykazują szczególną przewagę nad czujkami punktowymi, ponieważ umożliwiają aktywne pobieranie próbek powietrza z różnych niedostępnych miejsc bez uzależnienia detekcji od konwekcyjnego ruchu zadymionego powietrza. Innym klasycznym zastosowaniem dla systemów zasysających jest zabezpieczanie pomieszczeń przy utrudnionym dostępie i detekcji przez silną mechaniczną wentylację.

Detekcja dymu w zasysanym powietrzu wykonywana jest przez modułowy detektor. Moduły detekcyjne dostępne są w kilku wersjach, o czułościach sięgających 0,05%/m. W ten sposób możliwe jest odpowiednie zestawienie właściwego detektora, o parametrach dokładnie dopasowanych pod kątem planowanego zastosowania.

Możliwe układy i długości sekcji rur określone są szczegółowo w instrukcji instalacji. Maksymalny zasięg rur może wynosić nawet 180 m dla każdego z modułów detekcyjnych, a detektor wyposażony w dwa moduły może chronić nawet do 760 m². Kalibracja średnic otworów zasysających jest prosta dzięki zastosowaniu gotowych folii-naklejek precyzyjnie kalibrujących średnice wcześniej wykonanego dużego otworu [12].

Zgodnie z normą PN-EN 54-20:2010 [7] wyróżnia się trzy klasy systemów zasysających. Klasy od A do C, zgodnie z rys. 7, umożliwiają obiektywne zdefiniowanie wymogów pod względem zdolności detekcji, dzięki którym możliwe jest osiągnięcie pożądanego poziomu ochrony.

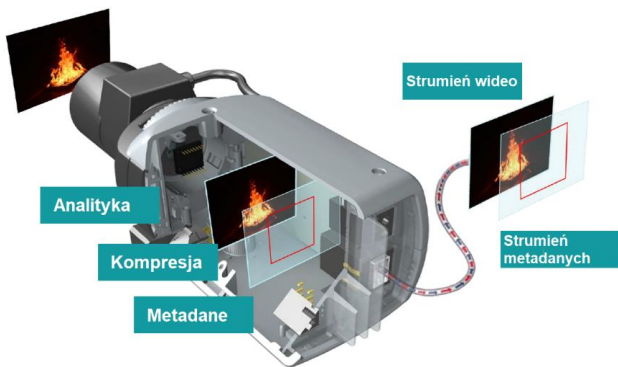


Rys. 6. Wykorzystanie czujki zasysającej w obiekcie wielokubatowym na przykładzie rzeczywistego projektu systemu sygnalizacji pożarowej z wykorzystaniem systemu wczesnej detekcji dymu (szarymi kołami pokazano promień działania pojedynczego otworu zasysającego zlokalizowanego w rurarzu zasysającym)

4. Wizyjne wykrywanie dymu (wideo detekcja pożaru)

W ostatnim czasie producenci systemów sygnalizacji pożarowej pracują nad nowoczesnymi metodami wykrywania pożaru w tym nad nowymi systemami detekcji, które polegają na wizyjnym wykrywaniu pożarów. Są to tzw. systemy wideo detekcji. Głównym celem opracowania i wdrożenia nowej metody wykrywania pożaru jest szybkość detekcji, odporność na fałszywe alarmy oraz możliwość natychmiastowej obserwacji przez obsługę miejsca, z którego przychodzi alarm pożarowy. W systemie detekcji wizyjnej wykorzystuje się ograniczenia, które posiadają urządzenia detekcji dymu certyfikowane i aktualnie dopuszczone do stosowania w systemach sygnalizacji pożarowej, a w szczególności:

- a) instalowanie czujek dymu na suficie,
- b) oczekiwanie na dotarcie dymu do detektora,
- c) zależność czasu detekcji od dotarcia dymu do stropu,
- d) ograniczenia w wysokości montażu czujek punktowych dymu i czujek liniowych dymu,
- e) możliwość braku dotarcia dymu do stropu przy niekorzystnych warunkach środowiskowych (np. silne podmuchy powietrza).



Rys. 7. Zasada działania wideo detekcji [11]

Podstawowa zasada działania wideo detekcji dymu została przedstawiona na rysunku 8.

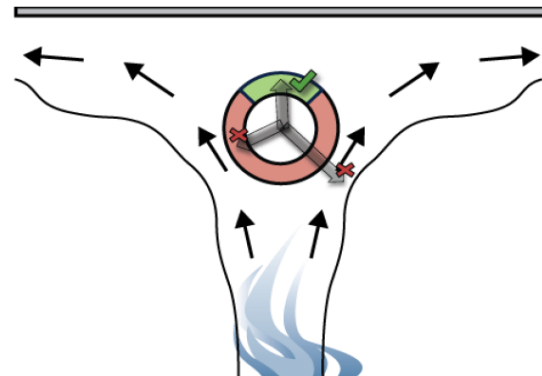
Przy wideo detekcji wykrycie dymu następuje poprzez obserwację ruchu przezroczystych cząstek. Ruch cząstek musi charakteryzować się stałym kierunkiem i prędkością. Zwykle będzie to ruch do góry, który związany jest z konwekcją w kolumnie konwekcyjnie ognia. Bardzo znaczącą rolę przy detekcji dymu stanowi tło, które może być źródłem fałszywych alarmów. Wideo detekcja dokonuje rozróżnienia pomiędzy wzrastającym dymem a obiektami.

Rozwijający się dynamicznie system wideo detekcji dymu posiada kilka ograniczeń.

Fizyczny model dymu

- 1. Detekcja ruchu przezroczystych cząstek
- 2. Stały kierunek i prędkość
- 3. Zwykle ruch do góry

+ Rozróżnienie pomiędzy wzrastającym dymem a obiektami



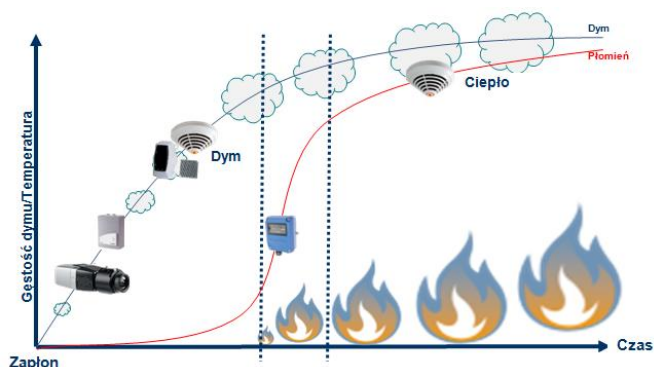
Rys. 8. Podstawowa zasada działania wideo detekcji dymu [11]

Z uwagi na wiatr zastosowanie tego systemu ogranicza się do przestrzeni wewnętrznych. Źródło fałszywych alarmów lub znaczne opóźnienie w detekcji dymu może także stanowić tło w kolorze dymu. Działanie systemu wideo detekcji jest sprawniejsze, kiedy gęstość dymu jest większa (określa się minimalną gęstość dymu w granicach 30%, ale większość dostępnych systemów wymaga gęstości na poziomie 50-60%). W tym systemie detekcji znaczenie ma także typ dymu, w zależności od pożaru testowego. Pewne ograniczenia wynikają również z dynamiki obrazu, jak również wpływu oświetlenia na tło dymu.

W systemach wideo detekcji czułość systemu będzie uzależniona od odległości źródła dymu od urządzenia detekcyjnego. Wykrywanie dymu i ognia jest możliwe dzięki inteligentnym algorytmom zintegrowanym bezpośrednio w kamerach. Funkcja rozpoznawania ognia umożliwia wykrycie już we wczesnym stadium rozwijania się pożaru. Kamery mogą w ciągu paru sekund uruchomić alarm. Zjawiska takie, jak rozprzestrzenianie się dymu w poziomie czy warstwa ciepłego powietrza gromadząca się pod stropem i uniemożliwiająca przedostanie się dymu do najwyższej położonego punktu pomieszczenia, gdzie instalowane są czujki, mogą negatywnie wpływać na ich działanie. System wideo detekcji wykorzystuje inteligentne algorytmy, które pozwalają odróżnić rzeczywisty pożar od zakłóceń w rodzaju odbić, ruchu czy oślepiającego światła. Gwarantuje to niezawodne wykrywanie pożaru i redukuje do minimum liczbę fałszywych alarmów, pomagając zachować ciągłość pracy w strzeżonym obiekcie. W przypadku wszystkich pożarów testowych zgodnych z normą EN54 - od TF1 do TF 8 - system wideo detekcji przy badaniach jednego z wiodących producentów systemów sygnalizacji pożarowej, wykazał się wysoką precyzją działania. Także przy słabym oświetleniu algorytm oferował bardzo wysoką wykrywalność pożaru [11].

	Czułość	Obszar zastosowania
Klasa A	bardzo wysoka	Najwcześniejsze z możliwych wykrywanie pożaru, przede wszystkim w silnie klimatyzowanych obszarach o dużym rozrzedzeniu powietrza.
Klasa B	podwyższona	Wczesne wykrywanie pożarów w większości obszarów, w których należy chronić wartościowe przedmioty i (lub) ciągłość procesów.
Klasa C	normalna	Wykrywanie pożarów w obszarach z podstawowymi wymaganiami bezpieczeństwa przeciwpożarowego.

Rys. 9. Podział na klasy czułości czujek zasysających



Rys. 10. Porównanie szybkości detekcji dymu przez system wizyjny, system zasysający oraz pozostałe czujki [10]

Podsumowanie

Zastosowany w wielokubaturowych obiektach transportowych system detekcji dymu ma kluczowe znaczenie dla poziomu bezpieczeństwa pożarowego budynku. Wczesne wykrycie zjawiska pożarowego powoduje szybszą reakcję służb odpowiedzialnych za zapewnienie bezpieczeństwa pożarowego. W przypadku pożaru, w którym dym zostanie wykryty we wczesnym jego stadium, istnieje duże prawdopodobieństwo, że pożar zostanie ugaszony przez użytkownika z wykorzystaniem podręcznego sprzętu gaśniczego. Powszechnie stosowane czujki punktowe posiadają swoje ograniczenia. W przypadku konwencjonalnych rozwiązań dym musi najpierw dotrzeć do czujki dymu, co opóźnia reakcję urzędnika na czynnik pożarowy i wywołanie alarmu. Zjawiska takie, jak rozprzestrzenianie się dymu w poziomie czy warstwa ciepłego powietrza gromadząca się pod stropem i uniemożliwiająca przedostanie się dymu do najwyższej położonej punktu pomieszczenia, gdzie instalowane są czujki, mogą negatywnie wpływać na ich działanie. Czujki punktowe dymu nie nadają się do tych przestrzeni, gdzie następuje kondensacja pary wodnej, występują duże różnice temperatur z wytrącaniem się pary wodnej, oraz czynniki zwodniczące powodujące fałszywe alarmy, jak np. spaliny urządzeń transportowych. Urządzeniami, na które w mniejszym stopniu oddziałują te czynniki, oraz w konfiguracji których można zastosować podzespoły odporne na ich działanie, są czujki zasysające.

Czujki zasysające dymu są bardzo często stosowane zamiast czujek punktowych i dobrze się sprawdzają, w szczególności w przestrzeniach o wysokości powyżej 11m, a także tam gdzie istnieją wymagające warunki środowiskowe, które wykluczają stosowanie czujek punktowych. Czujki zasysające można w łatwy sposób uzupełnić o elementy ograniczające wpływ na te czujki negatywnych warunków środowiskowych, jak np. dodatkowe filtry, kapilary do skraplania pary wodnej, elastyczne rury kompensacyjne czy specjalne układy filtrujące. Czujki zasysające mogą być stosowane wszędzie tam, gdzie wymagana jest czułość na najwyższym poziomie. Czujki te, w odpowiedniej konfiguracji, mogą wielokrotnie przewyższać poziomem czułości czujki punktowe. Z wykorzystaniem czujek zasysających wiąże się jednak większe nakłady finansowe, co w niektórych przypadkach może blokować ich zastosowanie [14].

Nowym trendem widocznym na rynku systemów sygnalizacji pożarowej jest rozwijająca się technologia związana z wideo detekcją pożaru. Aktualnie są to urządzenia uzupełniające te, które są powszechnie stosowane i dopuszczone prawnie do stosowania w ochronie przeciwpożarowej. Należy jednak się spodziewać dal-

szego rozwoju tej metody wykrywania czynników pożarowych, która w istocie może doprowadzić do wyparcia tradycyjnych metod wykrywania dymu. Aktualnie producenci systemów sygnalizacji pożarowej prowadzą zaawansowane działania w kierunku rozwoju tej gałęzi detekcji pożaru.

Bibliografia:

1. Wytoczne Projektowania Instalacji Sygnalizacji Pożarowej SITP WP-02:2010
2. PKN-CEN/TS 54-14:2006 Systemy sygnalizacji pożarowej - Część 14: Wytoczne planowania, projektowania, instalowania, odbioru, eksploatacji i konserwacji
3. Dokumentacja techniczno-ruchowa i materiały producenta systemów sygnalizacji pożarowej POLON-ALFA
4. Dokumentacja techniczno-ruchowa i materiały producenta systemów sygnalizacji pożarowej ESSER by Honeywell
5. Dokumentacja techniczna czujki OSID Xtralis – materiały producenta
6. Wnęk W., Kubica P., Boroń S., Kłębek R., „Analiza możliwości ograniczenia podatności liniowych czujek dymu na fałszywe alarmy”, *Logistyka* 5/2015
7. PN-EN 54-20:2010 Systemy sygnalizacji pożarowej - Część 20: Czujki dymu zasysające
8. Dokumentacja techniczno-ruchowa i materiały producenta systemów sygnalizacji pożarowej Bosch
9. Strona internetowa www.zabezpieczenia.com, Zajkowski A. „System wczesnej detekcji pożaru z kamerami Aviotec firmy Bosch”
10. Strona internetowa <https://www.secural.eu/aktualnosci/aviotec-bosch-detekcja-pozaru>, „Aviotec - błyskawiczna detekcja pożaru”
11. Materiały techniczne Bosch. Prezentacja Internal | Security Systems | ST-FIR/MKP1.2 | 2019
12. Klimczak T., Paś J.: Analiza rozwiązania systemu sygnalizacji pożaru dla wybranego budynku kolejowego, *Biuletyn WAT* 2018; 67 (4): 195-205; DOI: 10.5604/01.3001.0012.8515
13. Strona internetowa www.instalacjebudowlane.pl; dostęp dnia 30.10.2019 r.
14. Strona internetowa www.poz-instalacje.pl; dostęp dnia 12.11.2019 r.

Fire detection in large-volume transport infrastructure objects

The article discusses the possible types of smoke detection devices that can be used to provide fire safety for large volume transport facilities. The article discusses both commonly used point smoke detectors or line detectors, as well as more technologically advanced aspiration smoke detectors (aspiration detectors) and detectors using video detection. Practical possibilities in the application of specific solutions and limitations in their application were also discussed. Development directions of fire alarm systems producers, including smoke detection, have been marked.

Keywords: fire detector, smoke line detector, aspiration smoke detector, video fire detection, smoke detection, fire alarm system.

Autor:

mł. bryg. dr inż. **Tomasz Klimczak** – Szkoła Główna Służby Pożarniczej, ul. J. Słowackiego 52/54, 01-629 Warszawa; tklimczak@sgsp.edu.pl