

Poradnik

WENTYLACJA I OCHRONA PPOŻ. 2026

Spis treści

Detekcja dymu i tlenku węgla w mieszkaniach i domach..... 4

Przeglądy urządzeń przeciwpożarowych..... 13

Regulacja wydajności w systemach wentylacji pożarowej z wykorzystaniem przemienników częstotliwości. Nowe wymogi normy PN EN 12101-3:2015 20

Classico-250 – wentylator, który szanuje historię 26

Oddymianie klatek schodowych – wybrane wymagania prawne i wytyczne projektowe 30

Klapy przeciwpożarowe odcinające – na co zwracać uwagę podczas montażu 40

Oddymianie klatek schodowych i dobór klap dymowych w świetle nowej normy PN-B-02877-4:2025-07..... 46

Zabezpieczenie przeciwpożarowe przewodów wentylacyjnych 50

Nowoczesne podejście do ochrony przeciwpożarowej instalacji wentylacyjnych 56

Bezpieczeństwo pożarowe magazynów energii, garaży i pojazdów elektrycznych..... 60

Wentylacja strumieniowa garaży zamkniętych 70

Inteligentny garaż podziemny – zasilanie i sterowanie wentylacją bytową i pożarową oraz systemami monitoringu..... 80

Koszty budowy wentylacji kanałowej oraz strumieniowej w garażu budynku wielorodzinnego..... 89

Wybrane aspekty detekcji gazów we współczesnych garażach 99

Systemy zasilania i sterowania wentylacją pożarową w tunelach drogowych..... 103

Przesłanki wyboru rozwiązań ppoż. w odniesieniu do stałych urządzeń gaśniczych wodnych 121

Katalog firm 132

Redakcja

Adres redakcji
ul. Karłowicza 18, 04-112 Warszawa
tel. 22 512 60 75
www.rynekinstalacyjny.pl



Redakcja Agata Nowicka, anowicka@rynekinstalacyjny.pl
Reklama Marta Dzierżawa, mdzierzawa@medium.media.pl

Wydawca Grupa MEDIUM
www.medium.media.pl

W publikacji wykorzystano materiały opublikowane wcześniej w miesięczniku „Rynek Instalacyjny” i portalu rynekinstalacyjny.pl

Partnerzy publikacji



Zapraszamy na

RI Rynek instalacyjny.pl

CZYTAJ ARTYKUŁY

przygotowane przez specjalistów

SPRAWDŹ ARCHIWUM

dotychczasowe wydania miesięcznika „Rynek Instalacyjny” – lista aktywnych linków pozwala szybko odnaleźć artykuł z danego numeru

PRZEGLĄDAJ KATEGORIE

Ogrzewanie
Dzięki podkategoriom łatwo znajdziesz treści dotyczące m.in. instalacji z pompami ciepła, kotłami, grzejnikami, projektowania c.o.

Wentylacja i klimatyzacja
Artykuły na temat central wentylacyjno-klimatyzacyjnych, rekuperatorów, wentylacji pożarowej, klimatyzacji i in.

Woda-kanalizacja
Wszystko o instalacjach wodociągowych, armaturze sanitarnej, wodomierzach, kanalizacji deszczowej

Instalacje OZE – NOWOŚĆ!

Smart Building – NOWOŚĆ!

promocja

Waldemar Joniec

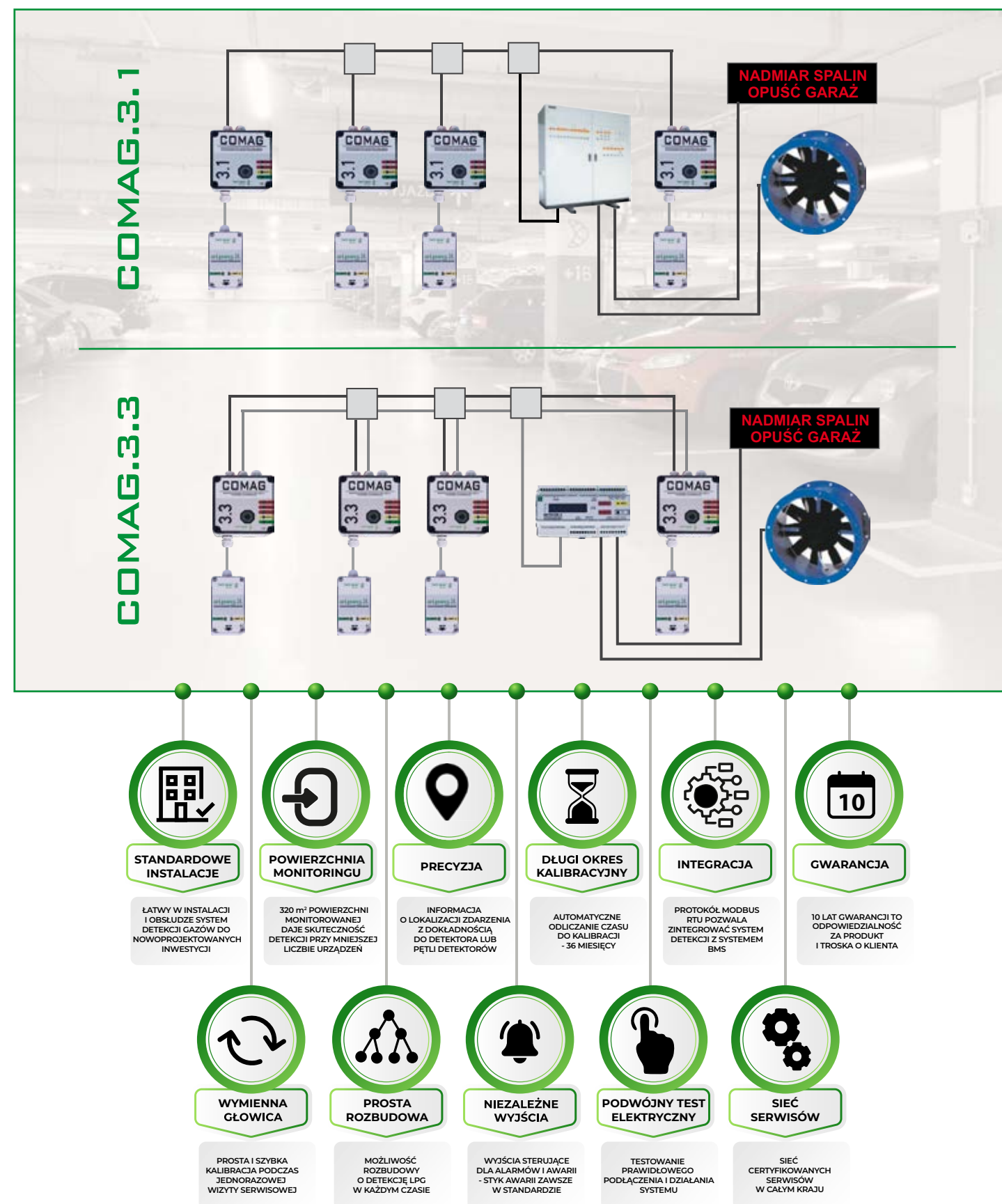
Detekcja dymu i tlenku węgla w mieszkaniach i domach

Wprowadzony w 2024 r. obowiązek stosowania w budynkach, mieszkaniach i lokalach czujek dymu i tlenku węgla z sygnalizacją dźwiękową umożliwia szybszą i skuteczniejszą ewakuację osób oraz mniejsze straty materialne. Oferowane na rynku czujki mają autonomiczne zasilanie bateryjne oraz są proste w montażu i serwisie. Ich ceny wahają się od kilkudziesięciu do kilkuset złotych. Na cenę wpływają m.in. jakość i niezawodność sensorów, zasilania i skutecznej sygnalizacji dźwiękowej oraz czytelna instrukcja poprawnego montażu i serwisowania w długoletniej eksploatacji.

Według danych MSWiA i KG PSP w ostatnich latach rocznie w Polsce w pożarach ginęło od niemal 300 do ponad 400 osób. Rannych było 2000–3000. Liczba śmiertelnych zatruc tlenkiem węgla wahała się od 50 do prawie 70 osób rocznie, z których ok. 80% miało miejsce w sezonie grzewczym, a podtruć tym gazem odnotowywano ok. 1500. Straż pożarna podejmuje parę tysięcy interwencji rocznie związanych z zatruciami tlenkiem węgla, np. w 2024 r. w związku z emisją tlenku węgla strażacy interweniowali 4329 razy. Na początku ubiegłego sezonu grzewczego w okresie od 1 października do 21 listopada 2025 r. strażacy interweniowali 546 razy w związku z emisją tlenku węgla, a śmierć z powodu zatrucia w tym czasie poniosło 13 osób. Jak wynika z danych za 2024 r. na 30 tys. pożarów aż 12 tys. było spowodowane wadami w instalacjach z kotłami na paliwa stałe i ich nieprawidłowym użytkowaniem, a „tylko” dla 5 tys. źródłem były wady instalacji elektrycznych. Zdecydowanej większości zgonów, potruc oraz rannych ujmowanych w corocznych statystykach można byłoby uniknąć, gdyby w pomieszczeniach i budynkach stosowano czujki dymu i tlenku węgla. Koszt tych urządzeń wynosi od kilkudziesięciu do kilkuset złotych.

Miejmy nadzieję, że wraz z upływem czasu obowiązek stosowania autonomicznych czujek dymu i tlenku węgla w pomieszczeniach wpłynie na zmniejszenie się liczby podtruc, rannych i zgonów. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 21 listopada 2024 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów [1] wprowadziło wymagania dla pomieszczeń i jednostek mieszkalnych oraz takich, w których świadczone są usługi hotelarskie, a także dla pomieszczeń, w których odbywa się proces spalania paliwa stałego, ciekłego lub gazowego, wchodzących w skład lokalu mieszkalnego lub lokalu użytkowego przeznaczonego na pobyt ludzi, znajdującego się

COMAG.3 - system detekcji gazów w garażach do zastosowań standardowych



**sensor
TECH**

Sensor Tech SA
ul. Sułowska 19b
51-180 Wrocław
www.sensortech.pl

FON: +48 71 327 62 12
FON: +48 884 888 243
E-MAIL: handlowy@sensortech.pl
E-SKLEP: www.sensortech.com.pl

w strefie pożarowej zakwalifikowanej do kategorii zagrożenia ludzi ZL, czyli obiektów mieszkalnych i użyteczności publicznej. W przypadku wymienionych powyżej pomieszczeń obowiązkowe jest stosowanie autonomicznych czujek dymu i tlenku węgla. Wynikiem wprowadzonych zmian jest nowy tytuł rozdziału 6, który otrzymuje brzmienie: „Stosowanie stałych urządzeń gaśniczych, systemów sygnalizacji pożarowej, autonomicznych czujek dymu, autonomicznych czujek tlenku węgla, dźwiękowych systemów ostrzegawczych i gaśnic”.



Fot. 1. Czujka tlenku węgla Źródło: Ei Electronics

Obowiązujące wymagania

W rozporządzeniu w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków [1] dodano w 2024 r. w § 28 następujący zapis:

§ 28a. 1. Pomieszczenie mieszkalne lub jednostkę mieszkalną, o której mowa w przepisach wydanych na podstawie art. 45 ustawy z dnia 29 sierpnia 1997 r. o usługach hotelarskich oraz usług pilotów wycieczek i przewodników turystycznych (Dz.U. z 2023 r. poz. 1944), w których są świadczone usługi hotelarskie, a także lokal mieszkalny należy wyposażić w co najmniej jedną autonomiczną czujkę dymu, spełniającą wymagania Polskiej Normy dotyczącej autonomicznych czujek dymu.

2. Przepisu ust. 1 nie stosuje się w przypadku ochrony pomieszczenia mieszkalnego, jednostki mieszkalnej lub lokalu mieszkalnego, o których mowa w ust. 1, przez system sygnalizacji pożarowej lub stałe samoczynne urządzenie gaśnicze.

3. Pomieszczenie, w którym odbywa się proces spalania paliwa stałego, ciekłego lub gazowego, wchodzące w skład lokalu mieszkalnego lub lokalu użytkowego przeznaczonego na pobyt ludzi, znajdującego się w strefie pożarowej zakwalifikowanej do kategorii zagrożenia ludzi ZL, należy wyposażić w co najmniej jedną autonomiczną czujkę tlenku węgla, spełniającą wymagania Polskiej Normy dotyczącej urządzeń elektrycznych do wykrywania tlenku węgla w pomieszczeniach domowych.

4. Przepisu ust. 3 nie stosuje się w przypadku, gdy proces spalania odbywa się w urządzeniu z zamkniętą komorą spalania, a także gdy spalanie ma miejsce w zasilanym paliwem gazowym urządzeniu przeznaczonym do przygotowania posiłków.

Spełnienie tych wymogów nie jest ani drogie, ani trudne techniczne, gdyż są to urządzenia stosunkowo tanie i autonomiczne w zakresie zasilania energią oraz pełnienia swoich funkcji. Dlatego przepisy zostały zmienione w taki sposób, aby w przypadku czujek autonomicznych nie był wymagany projekt urządzenia przeciwpożarowego i nie miały zastosowania ust. 1–3 § 3, które regulują również kwestie przeglądów i konserwacji. W kwestii eksploatacji urządzeń

autonomicznych dodano do § 3 ust. 3a w brzmieniu: *Wymagań, o których mowa w ust. 1–3, nie stosuje się do autonomicznych czujek dymu i autonomicznych czujek tlenku węgla. Urządzenia te należy zamontować, konserwować i eksploatować w sposób określony w instrukcjach obsługi, opracowanych przez ich producentów.*

Terminy obowiązkowego montażu

Obowiązek stosowania od 24 grudnia 2024 r. autonomicznych czujek dymu i tlenku węgla dotyczy pomieszczeń **oddawanych do użytku w nowo wznoszonych** budynkach mieszkalnych oraz nowych pomieszczeniach mieszkalnych lub nowych jednostkach mieszkalnych przeznaczonych do świadczenia usług hotelarskich.

Dla pomieszczeń użytkowanych w dniu wejścia w życie tych przepisów przewidziano okresy przejściowe:

- dla lokali mieszkalnych użytkowanych jako takie lokale w dniu wejścia w życie rozporządzenia (24 grudnia 2024 r.) stosowanie autonomicznych czujek dymu i tlenku węgla będzie obowiązkowe od **1 stycznia 2030 r.**,
- dla pomieszczeń, w których odbywa się proces spalania paliwa stałego, ciekłego lub gazowego, wchodzących w skład lokali mieszkalnych i użytkowanych jako takie pomieszczenia w dniu wejścia w życie omawianego rozporządzenia, stosowanie autonomicznych czujek dymu i tlenku węgla będzie obowiązkowe **od 1 stycznia 2030 r.**,
- dla pomieszczeń oraz jednostek mieszkalnych, w których są świadczone usługi hotelarskie, a także wchodzących w skład lokali użytkowych pomieszczeń, w których odbywa się proces spalania paliwa stałego, ciekłego lub gazowego, użytkowanych jako takie pomieszczenia lub jednostki w dniu wejścia w życie niniejszego rozporządzenia stosowanie autonomicznych czujek dymu i tlenku węgla będzie obowiązkowe od **30 czerwca 2026 r.**

Ważne są zapisy § 28 ust. 4 – czyli wyłączenia dla kotłów z zamkniętą komorą spalania, gdyż w przypadku tej technologii nie występuje zagrożenie przedostawania się spalin do pomieszczeń oraz kuchенок z palnikami gazowymi, zakłada się bowiem, że ich praca jest pod nadzorem, a palniki mają małą moc i korzystają z powietrza w dużej kubaturze mieszkania, którego wentylacja jest okresowo sprawdzana.

Wprowadzenie obowiązku stosowania czujek dymu i tlenku węgla MSWiA uzasadnia koniecznością poprawy poziomu ochrony przeciwpożarowej, a zwłaszcza zmniejszenia liczby osób poszkodowanych w trakcie pożarów oraz zdarzeń związanych z emisją tlenku węgla. Statystyki pożarów wskazują, że ok. 80% ofiar śmiertelnych odnotowywanych jest w pożarach budynków mieszkalnych, a liczba pożarów wzrasta w okresie grzewczym i duża ich część występuje nocą. Autonomiczne czujki dymu i tlenku węgla reagują przy niskich emisjach we wczesnej fazie pożarów i emitują

głośne sygnały dźwiękowe, co daje szansę skutecznej ewakuacji jeszcze przed przybyciem służb ratowniczych.

Wymagania dla czujek

Oferowane na rynku czujki można samodzielnie montować i uruchamiać oraz wykonywać przeglądy. Wystarczy w tym celu wiedza zawarta w instrukcjach dołączanych do tych wyrobów. Ważne jest, aby **czujki dymu** spełniały wymagania normy PN-EN 14604:2006 *Autonomiczne czujki dymu*.

Rzeczoznawcy ppoż. zwracają uwagę, że badania zgodności z normą i certyfikaty wydane przez renomowane ośrodki są najlepszą rekomendacją skuteczności i jakości. Niestety zdarza się, że importowane i wprowadzane do obrotu są produkty tanie, których certyfikaty zgodności z normą mogą budzić wątpliwości, oraz nieposiadające odpowiednich instrukcji, w tym brak wymaganych informacji, instrukcji użytkowania i ostrzeżeń w języku polskim.

Autonomiczne **czujki tlenku węgla** w pomieszczeniach, w których odbywa się proces spalania paliwa stałego, ciekłego lub gazowego i które wchodzi w skład lokalu mieszkalnego lub lokalu użytkowego przeznaczonego na pobyt ludzi znajdującego się w strefie pożarowej zakwalifikowanej do kategorii zagrożenia życia ludzi ZL, powinny być zgodne z wymaganiami normy PN-EN 50291-1: *Wykrywanie gazu. Urządzenia elektryczne do wykrywania tlenku węgla w pomieszczeniach domowych. Część 1: Metody badań i wymagania eksploatacyjne*. Zadaniem urządzenia jest ostrzeganie mieszkańców o przekroczeniu poziomu tlenku węgla, tak aby mogli zareagować, zanim zostaną narażeni na znaczące zagrożenie zatrucia tym gazem, czyli otworzyć okna i wietrzyć oraz wyłączyć źródło emisji, czyli kocioł lub gazowy podgrzewacz wody, czy też szybko się ewakuować z pomieszczenia lub lokalu. Norma zawiera wymagania dla dwóch typów urządzeń: zapewniających wyłącznie alarm wizualny i dźwiękowy oraz urządzeń zapewniających łącznie alarm wizualny i dźwiękowy, a także transmisję sygnału wyjściowego pozwalającego na pośrednie lub bezpośrednie uruchomienie wentylacji albo innego urządzenia pomocniczego (nowe przepisy ppoż. tego nie wymagają). Oba typy urządzeń mogą być używane jednocześnie.



Fot. 2. Czujka tlenku węgla Źródło: AISKO

Właściwości CO i zalecane miejsca montażu

Tlenek węgla to gaz silnie trujący, powstający w wyniku niecałkowitego spalania paliw, czyli przy niedostatecznym dopływie powietrza. Jego normalny poziom w powietrzu atmosferycznym wynosi 0,01–0,2 ppm. Do zatrucia dochodzi w pomieszczeniach zamkniętych – stężenie 100–200 ppm

powoduje lekki ból głowy przy ekspozycji przez 2–3 godziny, 400 ppm – powoduje silny ból głowy występujący po ok. 1 godz., 800 ppm – prowadzi do trwałej śpiączki po ok. 2 godz. **Człowiek traci możliwość działania po ok. 5 min przy stężeniu 6000–8000 ppm i umiera w niecałe 20 min.** Natomiast stężenie 12 800 ppm powoduje praktycznie natychmiastową utratę przytomności po 2–3 wdechach i śmierć po ok. 3 min.

Autonomiczne **czujki tlenku węgla** należy montować zgodnie z załączoną do nich instrukcją. Emisja CO to część spalin powstających z niedostateczną ilością powietrza (tleny) do spalania. Spaliny te ulatniają się często w na tyle małych ilościach, że choć są trudno wyczuwalne, zawierają groźne ilości CO. Tlenek węgla jest nieco lżejszy od powietrza – jego gęstość w stosunku do powietrza to 0,967 (powietrze przy temperaturze 20°C i ciśnieniu atmosferycznym ma gęstość 1,293 kg/m³, a tlenek węgla 1,250 kg/m³). W budynkach mieszkalnych przy źródle emisji CO spaliny unoszą się ku górze i mieszają z powietrzem o temperaturze ok. 20°C, rozprzestrzeniają wraz z ruchami konwekcyjnymi, wypełniając kubaturę pomieszczenia i migrując ku górze. W zaleceniach branżowych możemy znaleźć wskazówki, że optymalne miejsce montażu w pomieszczeniach z potencjalnym źródłem emisji to odległość co najmniej 1–2 m (nie dalej niż 3 m) od niego i wysokość ok. 1,8–2 m nad poziomem podłogi (strefa oddychania), z dala od otworów nawiewnych i wywiewnych (kratek wentylacyjnych), a także drzwi i okien, gdyż napływ świeżego powietrza może zakłócać pracę sensorów czujek. Nie ma potrzeby obniżania wysokości montażu w sypialniach. Nie powinno się montować czujek tlenku węgla we wnękach i miejscach zasłoniętych, np. przez firanki czy zasłony, a także w miejscach emisji kurzu czy wilgoci. W domach i mieszkaniach może być więcej niż jedno źródło emisji CO i ważny jest układ pomieszczeń – wiele zatrucia ma miejsce w sypialniach podczas snu, choć źródło emisji było poza nimi. KG PSP zaleca **rozmieszczenie czujek CO w taki sposób, aby były wyraźnie słyszalne w sypialniach**. W małych mieszkaniach czujki tlenku węgla zaleca się montować w strefie pomiędzy sypialnią a kuchnią i łazienką (potencjalne źródło emisji CO). Z kolei w domach, mieszkaniach i lokalach dwu- i wielokondygnacyjnych trzeba brać pod uwagę umiejscowienie potencjalnego źródła emisji CO (np. kotłownia lub kocioł czy kominek na pierwszej kondygnacji, wówczas stężenie tego gazu będzie migrować wraz z powietrzem ku górze). Zaleca się, aby czujki były montowane na każdej kondygnacji na szlaku migracji CO od źródła (urządzenie, kotłownia, piwnica, kuchnia) do pomieszczeń takich jak salon i sypialnie i w taki sposób, aby sygnał był słyszalny przez wszystkich mieszkańców także podczas snu.

Źródłami emisji CO w pomieszczeniach mieszkalnych są: kominki, gazowe podgrzewacze wody, kotły węglowe i gazowe lub olejowe oraz kuchnie gazowe. Tlenek węgla powstaje w wyniku niepełnego spalania paliw (także drewna) spowodowanego brakiem odpowiedniej ilości tlenu niezbędnej do pełnego spalania danego paliwa. Źródłem emisji tlenku węgla są też spaliny z silników pojazdów, dlatego warto montować czujki w garażach.

W czujkach CO za wykrywanie tego gazu odpowiada sensor elektrochemiczny o wysokiej selektywności (wykrywa tylko tlenek węgla, nie dając fałszywych odczytów) i jest to technologia nie-droga i stosunkowo trwała w odpowiednich warunkach wilgotnościowo-temperaturowych i bez obecności zanieczyszczeń jest długa i powinna zostać podana przez producenta. Autonomiczne czujki mają funkcję testu prawidłowej pracy i należy go przeprowadzać okresowo według instrukcji. Koszt oferowanych w sprzedaży autonomicznych czujek CO waha się od ok. 50 do 200–300 zł. Koszt profesjonalnego detektora tlenku węgla z zasilaniem z instalacji elektrycznej, który można podłączyć do instalacji alarmowej w budynku i sterowania wentylacją lub tylko sterownika uruchamiającego np. wentylator wyciągowy (np. w garażu domowym), to ok. 380–500 zł. Zaleca się wybór produktów uznanych marek w średnim i wyższym przedziale cenowym, dystrybuowanych przez znane sieci handlowe lub kupowanych bezpośrednio u uznanych producentów. Braki w instrukcjach i oznakowaniu na urządzeniach zagrażają życiu i zdrowiu tak samo jak braki techniczne, gdyż użytkownik nie ma wymaganej wiedzy na temat poprawnej eksploatacji tych urządzeń. Żywotność jest związana z żywotnością baterii – dobre urządzenia pracują poprawnie ok. 10 lat i gdy brakuje wystarczającej energii sygnalizują czas ich wymiany. Autonomiczne czujki wprowadzane do obrotu powinny mieć oznakowanie zawierające m.in. informacje o nazwie i adresie producenta lub dystrybutora oraz dane identyfikujące produkt. Czujki tlenku węgla powinny być wyposażone we wskaźniki optyczne (małe diody) w różnych kolorach z przypisanym do nich opisem funkcji. Przeważnie jest to: czerwona – alarm, dioda zielona – zasilanie oraz żółta – błąd (**fot. 1**). Testowe wciśnięcie alarmu powinno uruchomić sygnał dźwiękowy.

Dostępne są też czujki łączące funkcje wykrywania dymu i CO z dwoma niezależnymi sensorami – optyczny wykrywa dym i sygnalizuje pożar, a elektrochemiczny wykrywa tlenek węgla i sygnalizuje przekroczenie jego dopuszczalnego stężenia. Nie zawsze stanowią one wybór optymalny, gdyż istnieją różne zalecenia dotyczące montażu, indywidualne dla danej funkcji i budynku – dym migruje szybko do góry, a migracja CO zależy także od wentylacji pomieszczenia. Oferowane są również czujki posiadające moduły komunikacyjne Wi-Fi i tym samym mogące przekazać informację o wykryciu dymu lub CO do systemu zarządzania bezpieczeństwem budynku i sygnalizacji pożarowej czy na aplikację w telefonie.

Montaż czujek dymu

Wydział Prewencji Społecznej KG PSP zaleca montaż czujek dymu na środku płaskiego sufitu danego pomieszczenia, a na sufitach pochyłych jedno- i dwuspadowych w obszarze do 90 cm od najwyższego punktu, z zachowaniem odległości minimum 10 cm od górnej krawędzi czujki do sufitu (**rys. 1**).

W mieszkaniach czujka dymu powinna być zamontowana na suficie w bezpośrednim sąsiedztwie sypialni, w przestrzeni łączącej ją (lub je) z salonem. W domach o jednej kondygnacji zaleca

się montaż co najmniej jednej czujki w korytarzu lub holu pomiędzy sypialnią a salonem. Czujka powinna być słyszalna w każdej części domu nawet przy zamkniętych drzwiach. W dużych domach z korytarzami i przestronnym holem zaleca się montaż wielu czujek. W mieszkaniu wielokondygnacyjnym należy zamontować co najmniej jedną czujkę dymu na każdym piętrze – na parterze w holu i w pobliżu klatki schodowej, a na wyższych kondygnacjach co najmniej jedną w pobliżu klatki schodowej oraz na klatce schodowej nad schodami pomiędzy każdą kondygnacją.

Z kolei amerykańska organizacja National Fire Protection Association zaleca, aby w domach było wystarczająco dużo czujek dymu. Badania nad pożarami wykazały, że przy dzisiejszym nowoczesnym wyposażeniu wnętrz domów i mieszkań pożary mogą się rozprzestrzeniać znacznie szybciej niż w przeszłości, kiedy używano głównie naturalnych materiałów wykończeniowych i meblarskich. Wytyczne NFPA 72 – *National Fire Alarm and Signaling Code* [4] wymagają jako minimum, aby czujniki dymu były instalowane wewnątrz każdej sypialni oraz na każdej kondygnacji poza sypialnią, łącznie z piwnicą i garażem. Na kondygnacjach bez sypialni czujki dymu należy zainstalować w salonie (gabiniecie, pokoju dziennym) lub w pobliżu schodów prowadzących na piętro, ewentualnie w obu miejscach. Czujki dymu instalowane w piwnicy należy montować na suficie przy schodach prowadzących na kolejną kondygnację. W kuchniach należy je instalować w odległości co najmniej 3 m od kuchenki, aby zminimalizować liczbę fałszywych alarmów podczas gotowania. Czujki montowane na ścianie należy lokalizować wysoko, lecz nie wyżej niż w odległości 30 cm do sufitu. Zalecenia dla sufitów skośnych są takie same, jak podano na **rys. 1b**. Nie należy montować czujek dymu



Rys. 1. Zalecane miejsca montażu czujek dymu: a) w pomieszczeniach i na kondygnacjach, b) na sufitach dwu- i jednospadowych

Źródło: Wydział Prewencji Społecznej KG PSP

w pobliżu okien, drzwi i kanałów wentylacyjnych. Nie wolno też ich malować i dekorować. W większych domach i lokalach zaleca się montować czujki z możliwością wzajemnej komunikacji bezprzewodowej – uruchomienie jednej wywoła alarm pozostałych. Należy wówczas stosować czujki od tego samego producenta i muszą to być modele kompatybilne. Z badań przeprowadzonych przez amerykańską Komisję ds. Bezpieczeństwa Produktów Konsumenckich i dotyczących gospodarstw domowych, w których doszło do pożaru, w tym pożarów w początkowej fazie, do których nie wezwano straży pożarnej, wynika, że połączone ze sobą czujniki dymu zadziałały wielokrotnie częściej i skuteczniej oraz szybciej alarmowały mieszkańców o pożarze.

W czujkach dymu stosuje się dwa rodzaje detekcji – jonizacyjne i fotoelektryczne. Detektor jonizacyjny jest bardziej wrażliwy na płomień, a fotoelektryczny bardziej wrażliwy na dym z tłących się pożarów. Aby zapewnić najlepszą ochronę, zaleca się stosowanie obu rodzajów alarmów lub kombinacji alarmów jonizacyjno-fotoelektrycznych. Należy brać pod uwagę fakt, że wymagania dotyczące wykrywania zdarzeń zmieniają się na przestrzeni lat i warto się upewnić, czy każdy dom ma wystarczającą liczbę czujników dymu, zwłaszcza po remoncie czy zmianie aranżacji i wystroju. Należy zachować instrukcję producenta, tak aby móc się z nią zapoznać w razie potrzeby. Testy i konserwację czujek dymu należy przeprowadzać zgodnie z instrukcjami producenta co najmniej raz w miesiącu za pomocą przycisku testowego. Oferowane obecnie czujki mają zasilanie bateryjne na 10 lat i alarmują dźwiękiem w przypadku spadku zasilania. Ceny autonomicznych czujek dymu wahają się od ok. 50 do 400 zł i zależą od jakości sensorów, zasilania i sygnalizacji dźwiękowej oraz technologii komunikacji bezprzewodowej. Gwarantowana jakość i żywotność przez 10 lat markowych produktów w średnim i wyższym przedziale cenowym zachęca do ich wyboru.

Literatura

1. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z 21 listopada 2024 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz.U. 2024, poz. 1716)
2. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (t.j. Dz.U. 2022, poz. 1225 ze zm.)
3. Joniec Waldemar, *Nowe wymagania przeciwpożarowe – czujki dymu i tlenku węgla*, „Rynek Instalacyjny” 2025, nr 1–2
4. NFPA 72, *National Fire Alarm and Signaling Code*, <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/nfpa-72-standard-development/72> (dostęp: 16.02.2026)
5. Materiały techniczne firm: Ei Electronics, Eaton, Gazex, Kidde, P.T. Signal, TECH Sterowniki

Damian Kubera

rzecznik ds. zabezpieczeń przeciwpożarowych
F&K Consulting Engineers

Przeglądy urządzeń przeciwpożarowych

Które urządzenia w budynku powinny być poddawane przeglądom okresowym i konserwacyjnym? Większość zarządców i właścicieli obiektów wskaże na przeglądy gaśnic, hydrantów czy awaryjnego oświetlenia ewakuacyjnego. To jednak nie wszystkie czynności konieczne do wykonania w celu zapewnienia wysokiego bezpieczeństwa pożarowego i sprawnej ewakuacji z budynku w razie pożaru. W artykule zwrócono także uwagę na kwestie, które bywają pomijane z powodu braku znajomości przepisów i wiedzy praktycznej.

O przeglądach urządzeń przeciwpożarowych mówi rozporządzenie w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz.U. 2010, nr 109, poz. 719), w którym w § 2 pkt 9 zdefiniowano, czym jest urządzenie przeciwpożarowe: *należy przez to rozumieć urządzenia (stałe lub półstałe, uruchamiane ręcznie lub samoczynnie) służące do zapobiegania powstaniu, wykrywania, zwalczania pożaru lub ograniczania jego skutków.*

Oprócz samej definicji urządzenia przeciwpożarowego w dalszej części tego samego przepisu wymieniony został katalog takich urządzeń i są to w szczególności: *stałe i półstałe urządzenia gaśnicze i zabezpieczające, urządzenia inertyzujące, urządzenia wchodzące w skład dźwiękowego systemu ostrzegawczego i systemu sygnalizacji pożarowej, w tym urządzenia sygnalizacyjno-alarmowe, urządzenia odbiorcze alarmów pożarowych i urządzenia odbiorcze sygnałów uszkodzeniowych, instalacje oświetlenia ewakuacyjnego, hydranty wewnętrzne i zawory hydrantowe, hydranty zewnętrzne, pompy w pompowniach przeciwpożarowych, przeciwpożarowe kłapy odcinające, urządzenia oddymiające, urządzenia zabezpieczające przed powstaniem wybuchu i ograniczające jego skutki, kurtyny dymowe oraz drzwi, bramy przeciwpożarowe i inne zamknięcia przeciwpożarowe, jeżeli są wyposażone w systemy sterowania, przeciwpożarowe wyłączniki prądu oraz dźwigi dla ekip ratowniczych.*

W powyższym fragmencie rozporządzenia znajduje się zatem odpowiedź na pytanie, które urządzenia w budynku powinny być poddawane okresowym przeglądom.

Urządzenia przeciwpożarowe wymagają cyklicznych konserwacji – z czego jednak wynika ten wymóg? Kwestię tę także reguluje wspomniane powyżej rozporządzenie w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków w § 3 ust. 2 i 3:

2. *Urządzenia przeciwpożarowe oraz gaśnice przenośne i przewożne, zwane dalej „gaśnicami”, powinny być poddawane przeglądom technicznym i czynnościom konserwacyjnym, zgodnie z zasadami*

i w sposób określony w Polskich Normach dotyczących urządzeń przeciwpożarowych i gaśnic, w dokumentacji techniczno-ruchowej oraz w instrukcjach obsługi, opracowanych przez ich producentów.

3. Przeglądy techniczne i czynności konserwacyjne powinny być przeprowadzane w okresach ustalonych przez producenta, nie rzadziej jednak niż raz w roku.

Urządzenia przeciwpożarowe powinny więc być poddawane czynnościom konserwacyjnym i przeglądom co najmniej raz w roku. W ust. 2 czytamy, że należy je przeprowadzać zgodnie z zasadami określonymi w polskich normach oraz podawanymi przez producenta danego urządzenia. Daje to jednak bardzo szeroki zakres działania, przez co zarządca nie będzie wiedział, czego wymagać od firmy wykonującej przegląd urządzenia ppoż. W tej sytuacji pozwolę sobie zaproponować pewien sposób podejścia do przeglądów i konserwacji urządzeń przeciwpożarowych.

Jakie urządzenia należy kontrolować i jak często?

Dobrym przykładem do analizy jest system sygnalizacji pożarowej. Najczęstsze pytanie, z jakim spotykam się jako doradca ppoż. w budynkach, w których pracuję, brzmi: jak często powinien być wykonywany przegląd SSP – raz na rok, dwa razy w roku czy może kwartalnie?

W mojej ocenie zarówno odpowiedź „raz na rok”, jak i „kwartalnie” może się okazać poprawna. Od czego to zależy? W pierwszej kolejności zarządca powinien zajrzeć do projektu budowlanego, na podstawie którego budynek uzyskał pozwolenie na użytkowanie. Zaczęłbym od sprawdzenia w projekcie elektrycznym, czy SSP został zaprojektowany według konkretnej normy projektowej. Jeżeli powstawał wg specyfikacji technicznej PKN-CEN/TS 54-14 *Systemy sygnalizacji pożarowej*, to w tym standardzie określono szczegółowo sposób przeprowadzania konserwacji. O tym właśnie mówi wspomniane rozporządzenie w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków: działanie zgodne przede wszystkim z czasookresami normy czy standardu technicznego, według którego system został zaprojektowany. To jednak nie wszystko – istotne, a mimo to często pomijane są wymagania producentów stawiane w instrukcjach obsługi. Może się okazać, że dane urządzenie musi zostać sprawdzone w sposób bardziej szczegółowy, niż wskazuje np. polska norma. Osobiście nie znam jednak firmy, która by tak robiła (co oczywiście nie oznacza, że takich nie ma). Dlaczego? Odpowiedź jest prozaiczna – konserwatorowi najczęściej po prostu nie chce się urządzenia dodatkowo sprawdzać, do tej pory tego nie robił i „nikt się nie czepiał”. I rzeczywiście w praktyce takie podejście jakoś w Polsce przechodzi, pytanie: jak długo?

Istnieją oczywiście również budynki i systemy wykonane znacznie wcześniej, nim powstał standard CEN 54-14 czy nawet norma PN-E-08350-14:2002 *Systemy sygnalizacji pożarowej. Projektowanie, zakładanie, odbiór, eksploatacja i konserwacja instalacji*. Jeżeli w budynku mamy leciwy system sygnalizacji pożarowej, zaprojektowany na podstawie starych standardów technicznych lub normy,

z której wprost nie wynika, w jaki sposób powinny być przeprowadzane czynności konserwacyjne, należy je wykonywać przynajmniej raz w roku.

A w jaki sposób? Gdy nie wiemy, według jakiej normy system zaprojektowano i wyrobów którego producenta użyto lub gdy nie dysponujemy dokumentacją danej centrali sygnalizacji pożarowej, najlepiej sięgnąć do standardu CEN 54-14 i uwzględnić te czynności, które zostały wyszczególnione w ramach kwartalnych i rocznych przeglądów, i wykonywać je w trakcie przeglądu rocznego. W standardzie tym zawarte zostały podstawowe zasady zgodne z aktualną wiedzą techniczną, na podstawie których można przeprowadzić przegląd techniczny i konserwację.

Moim zdaniem sytuacja wkrótce się poprawi, gdyż we wrześniu 2021 roku zmieniło się rozporządzenie w sprawie uzgadniania projektu zagospodarowania działki lub terenu, projektu architektoniczno-budowlanego, projektu technicznego oraz projektu urządzenia przeciwpożarowego pod względem zgodności z wymaganiami ochrony przeciwpożarowej (DzU 2021, poz. 1722). Za kilka lat, pod warunkiem spełnienia kilku warunków, projekt wykonawczy będzie uzgodnieniem projektu technicznego i już na etapie projektowym określone zostaną czynności konserwacyjne (i opisane w części technicznej projektu budowlanego).

A jak często kontrolować przeciwpożarowy wyłącznik prądu? Wielu zarządców zakłada błędnie, że powinien być on sprawdzany przy okazji przeglądu instalacji elektrycznych w budynku – co 5 lat. Jednak wyłącznik ppoż. to urządzenie przeciwpożarowe i jego przegląd musi być przeprowadzany co roku, mimo że czynność ta powoduje problemy w funkcjonowaniu budynków, które wymagają ciągłego zasilania (serwerownie, banki itp.). Na rynku są już jednak urządzenia, które ten problem rozwiązują, a w przyszłości będzie ich coraz więcej.

Można się też spotkać z sytuacjami, w których sprawdzanie i cykliczne testy oraz konserwacja awaryjnego oświetlenia ewakuacyjnego polegają jedynie na sprawdzeniu, czy po wyłączeniu napięcia dana oprawa awaryjna funkcjonuje, czy też nie. Nie można tego jednak nazwać corocznym przeglądem urządzenia ppoż. Moim zdaniem powinno się wykonywać corocznie pomiary natężenia awaryjnego oświetlenia ewakuacyjnego w sposób określony w polskiej normie, czyli przeprowadzać je pomiędzy punktami i weryfikować, czy na pewno wymagane jest natężenie np. 1 lx w osi drogi lub 5 lx przy urządzeniu przeciwpożarowym itd. Wprawdzie instalacje ledowe są mniej podatne na uszkodzenia, jednak w dalszym ciągu w wielu obiektach awaryjne oświetlenie ewakuacyjne stanowią stare świetlówki. Wraz z upływem czasu mogą one tracić na sprawności i choć przy odbiorze budynku zmierzono 1 lx, w kolejnych latach odnotowywany jest jedynie fakt, że awaryjne oświetlenie zadziałało, bez jego zmierzenia. A podczas kontroli budynku okazuje się, że pomiary awaryjnego oświetlenia ewakuacyjnego nie zostały przeprowadzone, bo nie ma ich wyników – zwracała na to uwagę m.in. Komenda Główna PSP, zalecenia w tej kwestii można znaleźć także w SITP WP-01:2020.

Kwalifikacje osób przeprowadzających przeglądy urządzeń ppoż.

Ważna jest także wiedza o tym, kto może wykonywać takie przeglądy. Przepisy tego nie określają, również ustawa o ochronie przeciwpożarowej, nie wynika z nich jednak, że może to robić każdy bez odpowiedniego przygotowania. Osoba bez kwalifikacji przede wszystkim nie będzie wiedziała, w jaki sposób czynności te prawidłowo wykonać. Standard PKN-CEN 54-14 wyraźnie podaje, że osoby prawne lub fizyczne wykonujące jakiegokolwiek prace będące przedmiotem tych wytycznych powinny mieć odpowiednie kompetencje, doświadczenie i kwalifikacje. I precyzuje, że montaż i uruchamianie instalacji powinny wykonywać osoby posiadające odpowiednią wiedzę teoretyczną i praktyczną oraz kwalifikacje. W zakresie konserwacji wytyczne podają, że powinni je wykonywać przeszkoleni w tym zakresie specjaliści.

Nadzór, próby i przeglądy okresowe systemów wentylacji pożarowej wymagają specjalistycznej wiedzy dotyczącej elementów systemów oddymiania i zapobiegania zadymieniu. Ważne są informacje nt. przeznaczenia i charakterystyki obiektu, wrażliwych elementów zastosowanego systemu oraz sposobów weryfikacji efektywności jego działania. Celem przeglądów okresowych jest m.in. sprawdzenie poprawności funkcjonowania układu oraz kontrola współdziałania z systemem sygnalizacji pożarowej. Informacja, że automatyczne kłapy przeciwpożarowe to urządzenia bezobsługowe, może być niekiedy błędnie interpretowana w ten sposób, że nie muszą być one sprawdzane. A ich kontrola jest bardzo ważna i wymaga fachowej wiedzy na temat procedur testowania klap i wykonywania czynności serwisowych. Niektórzy producenci klap zastrzegają wręcz, że przeglądy i konserwacja powinny być przeprowadzane przez firmy przez nich autoryzowane według dokumentacji technicznej oraz instrukcji obsługi. Ważne są także kompetencje w zakresie przeglądów i konserwacji wentylatorów oraz automatyki (zasilacze ppoż., szafy sterujące itp.), w tym pomiarów elektrycznych.

W ustawie o ochronie przeciwpożarowej w art. 4 ust. 2 zapisano, że „czynności z zakresu ochrony przeciwpożarowej mogą wykonywać osoby posiadające odpowiednie kwalifikacje”, a art. 2a i 2b podają, jakie to powinny być kwalifikacje, czyli wykształcenie i przygotowanie. I są to przynajmniej uprawnienia inspektora ochrony przeciwpożarowej nabyte w ramach szkolenia w szkołach lub instytutach badawczych PSP (na 5 lat, wymagające odnawiania).

Czynności z zakresu ochrony przeciwpożarowej, o których mowa w ustawie, mają większy zakres niż przeglądy techniczne i czynności konserwacyjne, o których wspomina rozporządzenie. Ale czym jest np. przegląd urządzenia ppoż. polegający na sprawdzeniu wentylacji strumieniowej, gdy oprócz pomiarów wydajności musimy sprawdzić sekwencje uruchamiania urządzeń i zgodność ze scenariuszem pożarowym, oraz prowadzeniu innych czynności konserwacyjnych wymagających specjalistycznej wiedzy, jeśli nie czynnością z zakresu ochrony przeciwpożarowej? Dlatego przy wyborze firmy, która będzie przeprowadzała takie konserwacje, warto zwrócić na to uwagę i wpisać

do oferty wymóg, żeby wykonywały je osoby mające odpowiednie kwalifikacje wynikające także z ustawy o ochronie przeciwpożarowej. Jest to moim zdaniem bardzo istotne.

Pozostałe wymagania

O czym jeszcze powinien pamiętać zarządca przy eksploatacji obiektu? Może to się wydać banalne, ale ważne jest posiadanie instrukcji bezpieczeństwa pożarowego i jej aktualizacja co 2 lata lub przy okazji remontu, gdy zmienia się np. układ pomieszczeń. Nie każdy zdaje sobie sprawę, że w budynkach, które zostały wymienione w § 28 ust. 1 rozporządzenia w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków [1], wymagane jest stosowanie systemu sygnalizacji pożarowej, obejmującego urządzenia sygnalizacyjno-alarmowe służące do samoczynnego wykrywania i przekazywania informacji o pożarze, a także urządzenia odbiorcze oraz sygnałów o uszkodzeniu.

Instrukcję taką należy przekazać jednostkom PSP – oczywiście nie całą, ale najważniejsze informacje, które mogą być przydatne ekipom ratowniczo-gaśniczym w czasie ich ewentualnych działań w budynku. Można to zrobić także w formie elektronicznej, jednak o obowiązku tym niestety rzadko pamiętają odpowiedzialne za jego dopełnienie osoby. W wielu budynkach, w których przeprowadzałem audyt, procedura ta nie była realizowana.

Przejdźmy do kolejnych wymagań, np. dokumentacji zagrożenia wybuchem w budynkach, w których prowadzone są procesy wiążące się z możliwością powstania atmosfery wybuchowej. Nabiera to szczególnego znaczenia w kontekście powszechnego stosowania instalacji fotowoltaicznych w zakładach przemysłowych czy budynkach produkcyjnych. I nie chodzi tu jedynie o duże zakłady – nawet na stacjach paliw mamy do czynienia z mieszaniną par cieczy palnych z powietrzem, która może tworzyć atmosferę wybuchową. Czy możemy na dachu takiego budynku albo w jego pobliżu zamontować instalację fotowoltaiczną? Moduły PV w wykonaniu przeciwwybuchowym nie są dostępne. Dokumentacji zagrożenia wybuchem często się nie sporządza, a nawet jeśli wcześniej była, potrafi się „zawieruszyć”.

Uczulam zarządców i właścicieli budynków na tę kwestię i konieczność dbania o dokumentację, także projektową. Obowiązek oceny i posiadania dokumentacji stwierdzającej (lub nie) zagrożenie wybuchem wynika z przepisów przeciwpożarowych, które są zawsze obligatoryjne, a nie z zapisów rozporządzenia w sprawie warunków technicznych, które w tym zakresie należy stosować obowiązkowo jedynie w przypadku zagrożenia życia ludzi.

Zachęcam także do przeprowadzania fachowych i rzetelnych przeglądów przewodów kominowych i przeglądów wentylacyjnych, wynikających z § 34 rozporządzenia w sprawie ochrony ppoż. budynków. Jeśli nie będą spełnione wymogi formalne i przegląd kominowy nie zostanie przeprowadzony, w sytuacji pożaru ubezpieczyciel nie wypłaci odszkodowania. Dotyczy to nie tylko budynków jednorodzinnych, ale wszystkich, w których znajdują się takie urządzenia.

Zarządcy zapominają również o obowiązku szkolenia pracowników i użytkowników budynków, wynikającym z art. 4 ustawy o ochronie przeciwpożarowej. Fakt odbycia takiego przeszkolenia powinien zostać potwierdzony podpisem przeszkolonego, tak jak zapoznanie się pracownika z instrukcją ppoż. i wdrożenie go w funkcjonowanie budynku. Warto mieć takie poświadczenia w dokumentacji eksploatacyjnej – mogą o nie zapytać strażacy podczas kontroli obiektu.

Przepisy ppoż. nie regulują częstotliwości szkoleń tego typu, zatem z formalnego punktu widzenia wystarczyłoby jednorazowe przeszkolenie i potwierdzenie. Ale dobre praktyki inżynierskie podpowiadają, że tak jak w zakresie BHP, również w kwestiach ppoż. warto odnawiać wiedzę pracowników. A kto powinien przeprowadzać takie szkolenia? Uprawnienia wyłącznie z zakresu BHP nie wystarczą, chyba że towarzyszą im dodatkowo uprawnienia inspektora ochrony przeciwpożarowej, co jest częstą praktyką. Jest to krótkie i fachowe szkolenie nadające kwalifikacje na podstawie ustawy o ochronie ppoż.

Kolejnym zagadnieniem są zasady prowadzenia w budynku prac niebezpiecznych pod względem pożarowym – moim zdaniem w 90% obiektów kwestia ta jest bagatelizowana. Czy niebezpieczne pod względem pożarowym są tylko prace spawalnicze, lutowanie na gorąco, cięcie szlifierką albo kładzenie papy na gorąco? Jakże dokumenty określają zasady prowadzenia takich prac w danym budynku i kto powinien poświadczyć zapoznanie się z tymi wymogami?

Zasady prowadzenia takich prac muszą zostać opisane w instrukcji bezpieczeństwa pożarowego. Prawidłowa procedura wygląda następująco: w momencie wejścia do budynku np. ekipy spawaczy powinni oni odbyć krótkie szkolenie i złożyć podpisy pod dokumentem dotyczącym prac niebezpiecznych pod względem pożarowym. Instrukcja bezpieczeństwa pożarowego może też zawierać sposób zabezpieczenia budynku przez wykonawcę na czas realizacji prac, jak np. stosowanie koców gaśniczych do osłony elementów łatwopalnych. Jednak w praktyce się tego nie robi.

Jakie są konsekwencje lekceważenia zasad i przepisów? Blisko 30% pożarów budynków w Polsce powstaje podczas prowadzenia prac niebezpiecznych pod względem pożarowym. Co więcej, znane są przypadki, gdy prace takie zlecano osobom niemającym uprawnień do ich wykonywania. W takiej sytuacji odpowiedzialność karną ponosi zarówno zlecający prace zarządca lub właściciel budynku, jak i zleceńbiorca.

Znany jest np. przypadek pożaru w supermarkecie, do którego doprowadzili spawacze bez odpowiednich kwalifikacji. Razem z właścicielem sklepu odpowiadali oni przed sądem z art. 163 Kodeksu karnego, stanowiącego, że kto umyślnie spowoduje zdarzenie, które zagraża życiu lub zdrowiu wielu osób albo mieniu w wielkich rozmiarach, mające postać m.in.: pożaru lub zawału się budowli, gwałtownego wyzwolenia energii, rozprzestrzeniania się substancji trujących, duszących lub parzących, podlega karze pozbawienia wolności od roku do lat 10. A jeśli następstwem czynu jest śmierć człowieka lub ciężki uszczerbek na zdrowiu wielu osób, kara pozbawienia wolności

wynosi od 2 do 12 lat. Nawet samo spowodowanie bezpośredniego niebezpieczeństwa zdarzenia, jakie wymieniono powyżej, jest karane pozbawieniem wolności na okres od 6 miesięcy do lat 8. Gdyby w dokumentacji obiektu znalazły się prawidłowo wypełnione dokumenty dotyczące prowadzenia prac niebezpiecznych pod względem pożarowym – sprawy by nie było.

Przy okazji uczulam osoby sporządzające instrukcje bezpieczeństwa pożarowego, aby nie zawierały w nich procedur, które nie sprawdzają się w praktyce, jak np. wymaganie, żeby po zakończeniu prac miejsce ich przeprowadzenia było sprawdzane i dozorowane przez kilka godzin. Kto po wykonaniu zlecenia o godz. 18 czy 20 zostanie na obiekcie jeszcze przez 8 godzin i będzie obserwował, czy nie wystąpił pożar?

W celu nadania instrukcjom pożarowym waloru praktycznego, zachęcam do korzystania np. z wytycznych NFPA 51 B *Standard for Fire Prevention During Welding, Cutting, and Other Hot Work*, opracowanych w prosty i zrozumiały sposób. Zawarto w nich nawet wzór protokołu, jaki należy wypełnić. Na ich podstawie można przygotować instrukcję bezpieczeństwa pożarowego i wytyczne dotyczące prac niebezpiecznych pod względem pożarowym oraz protokoły zlecenia takich prac. Przykłady wytycznych można także znaleźć na stronach dużych firm czy podmiotów publicznych [4].

Podsumowanie

W artykule zwrócono uwagę na te elementy przeglądów urządzeń przeciwpożarowych, które są często pomijane z powodu braku znajomości przepisów i wiedzy praktycznej. O ile wszyscy zarządcy czy użytkownicy budynków pamiętają o przeglądach gaśnic i hydrantów oraz węży, umykają im inne ważne kwestie związane z bezpieczeństwem pożarowym budynków.

Literatura

1. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (DzU 2010, nr 109, poz. 719, z późn. zm.)
2. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 17 września 2021 r. w sprawie uzgadniania projektu zagospodarowania działki lub terenu, projektu architektoniczno-budowlanego, projektu technicznego oraz projektu urządzenia przeciwpożarowego pod względem zgodności z wymaganiami ochrony przeciwpożarowej (DzU 2021, poz. 1722)
3. Ustawa z dnia 24 sierpnia 1991 r. o ochronie przeciwpożarowej (DzU 1991, nr 81, poz. 351 z późn. zm., tekst jednolity: DzU 2022, poz. 20570)
4. Przykłady wytycznych dotyczących prac niebezpiecznych pod względem pożarowym:
 - a) https://www.orlden.pl/content/dam/internet/orlden/pl/pl/o-firmie/o-spolce/nasze-standardy/bezpieczenstwo-w-orlden/wykonawcy-zewnetrni/dokumenty/SB-3_wytyczne_prace_pozarowo_niebezpieczne.pdf
 - b) https://di.adm.agh.edu.pl/public/Wytyczne_dla_projektantow/wytyczne_do_prowadzenia_prac_pozarowo_niebezpiecznych.pdf
 - c) <https://phavi.umcs.pl/at/attachments/2020/0427/084902-instrukcja-wykonywania-prac-niebezpiecznych-pod-wzgledem-pozarowym-i-03-ppoz-2016.pdf>
 - d) <https://www.e-bip.org.pl/upload/683.55099.pdf>

Regulacja wydajności w systemach wentylacji pożarowej z wykorzystaniem przemienników częstotliwości. Nowe wymagania normy PN EN 12101-3:2015

W procesie projektowania instalacji pożarowej i doboru urządzeń istotny jest wybór właściwego rozwiązania, zwłaszcza wentylatorów oddymiających z regulacją wydajności stosowanych w nowoczesnych systemach wentylacji pożarowej, przede wszystkim w miejscach, w których kluczowe jest efektywne zarządzanie warunkami ewakuacji oraz ochrona życia i zdrowia ludzi. Szczególną uwagę należy zwracać na to, czy certyfikacja i badania obejmowały kompletny zestaw: wentylator, silnik oraz falownik dla konkretnej konfiguracji.

Regulacja wydajności powietrza to kluczowy element w nowoczesnych systemach HVAC. Jej znaczenie rośnie wraz z rozwojem wymagań dotyczących komfortu, oszczędności energii i jakości powietrza w budynkach. Najistotniejsze korzyści płynące z regulacji ilości powietrza w nowoczesnych systemach wentylacyjnych polegają przede wszystkim na zapewnieniu optymalnych warunków użytkowania i efektywności energetycznej. Precyzyjne sterowanie wydajnością pozwala na najlepsze dopasowanie przepływu do rzeczywistych potrzeb poszczególnych stref – takich jak biura, sale konferencyjne czy hale. Dzięki temu każda przestrzeń otrzymuje dokładnie tyle powietrza, ile jest w danym momencie wymagane. Elastyczna regulacja strumienia powietrza umożliwia pracę systemów w trybie dostosowanym do aktualnego zapotrzebowania. To bezpośrednio przekłada się na zmniejszenie zużycia energii przez wentylatory i agregaty chłodnicze, co z kolei obniża koszty eksploatacji oraz ogranicza emisję ciepła.

Korzyści wynikające z regulacji wydajności powietrza mogą być równie znaczące w instalacjach wentylacji pożarowej, zwłaszcza gdy mamy do czynienia z systemami dwufunkcyjnymi. W takich rozwiązaniach instalacja pełni rolę bytową podczas normalnej eksploatacji obiektu, a w sytuacjach awaryjnych funkcję kluczową dla bezpieczeństwa pożarowego. Projektowana wydajność układu w trybie bytowym z reguły jest znacznie mniejsza niż w trybie pożarowym, co powoduje konieczność ograniczania strumienia przepływu, jednocześnie umożliwiając precyzyjne dostosowanie przepływów do wymagań konkretnych stref. Najczęściej ma to zastosowanie w obiektach przemysłowych

i garażach samochodowych, rzadziej w biurach i galeriach handlowych. Takie podejście skutkuje ograniczeniem liczby systemów, lepszym wykorzystaniem przestrzeni technicznej, oszczędnością energii, poprawą parametrów akustycznych i komfortu użytkowania oraz optymalizacją eksploatacji urządzeń.

W obszarze instalacji stricte pożarowych, regulacja wydajności wentylatorów oddymiających jest również bardzo istotna, ponieważ pozwala na wprowadzenie specjalistycznych rozwiązań optymalizujących pracę systemów.

Wentylatory oddymiające w systemach kontroli dymu i ciepła muszą spełniać zapisy określone w normie PN-EN 12101-3:2015 [1], która reguluje wymagania dotyczące wentylatorów oddymiających, używanych w systemach kontroli dymu i ciepła w budynkach. Nowelizacja normy z 2015 r. wprowadziła istotne zmiany, umożliwiając stosowanie przemienników częstotliwości również w trybie pożarowym, pod warunkiem przeprowadzenia kompleksowych badań zestawu: wentylatora, silnika i falownika. Wcześniej w przypadku pracy wentylatora w trybie pożarowym należało mechanicznie obejść falownik (poprzez tzw. bypass). Obecnie, po spełnieniu dodatkowych wymagań testowych, można stosować regulowaną prędkość obrotową z wykorzystaniem przemiennika częstotliwości również w trybie awaryjnym (pożarowym).

Badanie wentylatora oddymiającego zgodnie z normą PN-EN 12101-3 [1] polega na kompleksowej ocenie urządzenia pod kątem jego zdolności do pracy podczas pożaru oraz codziennej eksploatacji. W trakcie testów wentylator umieszczany jest w warunkach symulujących pożar – temperatura w komorze testowej podnoszona jest do bardzo wysokiego poziomu w zależności od klasy temperaturowej badanego elementu, np. 400°C lub 600°C, a następnie utrzymywana przez określony czas, np. 120 min.

W tym czasie wentylator musi działać bezawaryjnie, zapewniając odpowiedni przepływ powietrza, nie tracąc wydajności i nie ulegając uszkodzeniom mechanicznym ani elektrycznym. Badanie obejmuje także weryfikację odporności konstrukcji, szczelności, zabezpieczeń oraz reakcji na



Rys. 1. Schemat regulacji aktywnego upustu powietrza od sygnału otwarcia drzwi – system SMOKE-AXC firmy Systemair Źródło: Systemair



Rys. 2. System wentylacji strumieniowej

Źródło: Systemair

ekstremalne warunki termiczne. Sprawdza się również, czy wszystkie elementy, takie jak sterowanie i zabezpieczenia, zachowują funkcjonalność.

Testy, które weryfikują odporność podczas pracy z falownikiem, są bardziej wymagające, gdyż polegają na dynamicznych zmianach częstotliwości z częstym przyspieszaniem i zwalnianiem silnika wentylatora pracującego

w wysokiej temperaturze, co prowadzi do intensywnego nagrzewania i zwiększonego obciążenia. Kluczowe znaczenie ma tu również sposób chłodzenia silnika, bo przy obniżeniu wydajności zmniejsza się ilość chłodzącego powietrza, co może ograniczać możliwości pracy w warunkach podwyższonej temperatury.

Skala trudności powoduje, że nie wszyscy producenci decydują się na tego typu badania i stosowanie komponentów o podwyższonej wytrzymałości. Dlatego istotny jest świadomy wybór odpowiednich urządzeń i każdorazowe dostosowanie certyfikowanych elementów do wymogów konkretnej instalacji. W tym obszarze odpowiedzialność spoczywa zarówno na projektancie, jak i wykonawcy.

Podczas projektowania instalacji pożarowej szczególną uwagę należy zwrócić na wybór właściwego typu falownika, zgodnego z wymaganiami dokumentów dopuszczających produkt do obrotu. Najbezpieczniej zastosować element, który był przebadany łącznie z wentylatorem. Niektórzy producenci pozwalają również na zastosowanie innych typów przemienników częstotliwości niż fabrycznie testowane, lecz często wiąże się to z dodatkowymi uwarunkowaniami, np. z koniecznością doboru silnika ze zwiększoną mocą (nawet o 20%). Należy pamiętać, że certyfikacja i badania obejmują zawsze kompletny zestaw: wentylator, silnik oraz falownik, a stosowanie certyfikowanych central sterujących z falownikami nie zwalnia producenta z konieczności przebadania i certyfikacji konkretnej konfiguracji urządzeń. Projektant instalacji musi ponadto przeanalizować, czy zestaw będzie mógł pracować w oczekiwanym zakresie wydajności z uwzględnieniem możliwych do uzyskania wartości minimalnych.

Regulacja wydajności wentylatorów oddymiających znajduje szerokie zastosowanie w nowoczesnych systemach wentylacji pożarowej, szczególnie w miejscach, dla których kluczowe jest

efektywne zarządzanie warunkami ewakuacji oraz ochrona życia i zdrowia ludzi. Oto najważniejsze obszary, w których przynosi wymierne korzyści.

Ochrona dróg ewakuacyjnych przed zadymieniem

Rola regulacji wydajności powietrza jest tutaj niezwykle istotna, ponieważ umożliwia precyzyjne kształtowanie różnic ciśnienia pomiędzy strefą chronioną a przylegającymi pomieszczeniami. Wytworzone nadciśnienie oraz odpowiednia prędkość na otwartych drzwiach skutecznie zabezpieczają tę przestrzeń przed przedostawaniem się dymu w momencie pożaru. Spełnienie wskazanych kryteriów wymaga szybkiej zmiany wydajności systemu, co można uzyskać przez zastosowanie certyfikowanych zestawów.

Ważnym aspektem jest również kontrola upustu powietrza z kondygnacji objętej pożarem. W przypadku zastosowania aktywnego systemu, wyposażonego w wentylator oddymiający, regulacja jego pracy jest kluczowa dla utrzymania właściwych warunków funkcjonowania całego układu i spełnienia założeń projektowych.

Pełna regulacja układu upustowego z wykorzystaniem falowników okazuje się szczególnie przydatna, gdy ilość powietrza kompensacyjnego nawiewanego do korytarzy ewakuacyjnych jest niewystarczająca. Dzięki płynnej regulacji pracy wentylatora upustowego, na podstawie informacji o otwarciu lub zamknięciu drzwi, można precyzyjnie kontrolować prędkość przepływu powietrza z przedsionka przez drzwi ewakuacyjne. Pozwala to zachować odpowiednie warunki ewakuacji bez konieczności tworzenia dodatkowych otworów transferowych.

Garaże podziemne i parkingi wielopoziomowe

W systemach wentylacji pożarowej garaży stosuje się wentylatory oddymiające o ogromnej wydajności, wyposażone w silniki o znacznej mocy (powyżej 30 kW), charakteryzujące się dużymi prądami rozruchowymi. Tak wysokie wartości prądu stanowią poważne wyzwanie przy doborze rezerwowych źródeł zasilania, takich jak agregaty prądotwórcze, skutkując koniecznością przewymiarowania tych urządzeń, a co za tym idzie, niebagatelnym wzrostem kosztów instalacji.

Rozwiązaniem tego problemu jest zastosowanie rozruchu silników przy użyciu przemienników częstotliwości, które ograniczają prąd rozruchowy do wartości prądu nominalnego – nawet 8–10 krotnie niższych od prądu rozruchowego przy starcie bezpośrednim wentylatora.

Dzięki falownikom możliwe jest także precyzyjne sterowanie wydajnością wentylacji garażu w trybie wentylacji bytowej – w zależności od intensywności ruchu w garażu. Stężenie tlenku węgla jest na bieżąco monitorowane z wykorzystaniem sensorów CO, a w przypadku wzrostu jego poziomu automatycznie zwiększa się wydajność wentylatorów wyciągowych oraz strumieniowych. Takie

rozwiązanie pozwala na znaczne ograniczenie zużycia energii oraz zmniejszenie poziomu hałasu, gdy nie występuje potrzeba intensywnej wentylacji.

Niezwykle ważna jest również możliwość regulacji wydajności wentylatorów oddymiających na poszczególnych etapach pożaru. Szczególnie w niskich garażach istotne znaczenie podczas ewakuacji ma utrzymanie warstwy dymu tuż pod stropem, aby osoby mogły swobodnie opuścić obiekt, przechodząc poniżej strefy zadymienia. Zbyt wysokie wydajności wentylacji pożarowej oraz duże

prędkości przepływu powietrza na kratkach nawiewnych i wywiewnych mogą prowadzić do wymieszania warstwy dymu podstropowego, co znacznie utrudnia ewakuację. W takich sytuacjach konieczne jest zmniejszenie wydajności wentylatorów oddymiających w momencie ewakuacji (gdy pożar nie jest jeszcze rozwinięty), tak aby zapewnić optymalne warunki do bezpiecznego opuszczenia garażu, a następnie (już po czasie przeznaczonego na ewakuację) zwiększenie intensywności wymiany do wartości nominalnych. Zastosowanie falowników w połączeniu z wentylatorami oddymiającymi jest w tym przypadku szczególnie wskazane.



Rys. 3. Centrala zasilająco-sterująca wentylacją pożarową z przemiennikami częstotliwości

Źródło: Systemair

zastosowanie falowników w połączeniu z wentylatorami oddymiającymi jest w tym przypadku szczególnie wskazane.

Sterowanie wydajnością wentylatorów w systemach wentylacji pożarowej jest rozwiązaniem nowoczesnym, które znakomicie łączy wymogi bezpieczeństwa z oczekiwaniami ekonomicznymi i ekologicznymi. Dzięki regulacji za pomocą falowników, profesjonalnej certyfikacji zestawów: wentylator, silniki i falownik oraz integracji z systemami zarządzania budynkiem, możliwe jest nie tylko efektywne zarządzanie energią, ale przede wszystkim zapewnienie najwyższego poziomu ochrony życia i mienia. Kluczowe jest, aby projektanci i inwestorzy świadomie podejmowali decyzje dotyczące wyboru urządzeń certyfikowanych i przebadanych pod kątem współpracy z konkretnymi rozwiązaniami sterowania – to fundament bezpieczeństwa nowoczesnych instalacji pożarowych.

Literatura

1. PN-EN 12101-3:2015-10: Systemy kontroli rozprzestrzeniania dymu i ciepła – Część 3: Wymagania techniczne dotyczące urządzeń do mechanicznego odprowadzania dymu i ciepła (wentylatorów)

OD WYDAJNOŚCI W BIURZE PO BEZPIECZEŃSTWO W GARAŻU

Systemy detekcji gazów – inteligentne sterowanie i niezawodna ochrona



Zadbaj o standardy, których wymagają nowoczesne obiekty i przepisy prawne. Monitoruj stężenie **CO₂** w strefach pracy i nauki, by realnie podnieść koncentrację oraz efektywność użytkowników poprzez inteligentne sterowanie wentylacją. Jednocześnie zapewnij bezwzględne bezpieczeństwo tam, gdzie

powstaje ryzyko zatrucia – wdrażaj niezawodne **systemy detekcji tlenku węgla (CO)** w garażach podziemnych i kotłowniach. Z Gazex dbasz o bezpieczeństwo i komfort użytkowników, optymalizujesz koszty energii i spełniasz wymogi prawne.

gazex[®]

PIERWSZY POLSKI PRODUCENT DETEKTORÓW I SYSTEMÓW WYKRYWANIA GAZÓW TOKSYCZNYCH, WYBUCHOWYCH I TLENU, KTÓRY POSIADA WŁASNE LABORATORIUM WZORCUJĄCE, AKREDYTOWANE PRZEZ POLSKIE CENTRUM AKREDYTACJI



www.gazex.pl

Classico-250 – wentylator, który szanuje historię

Nowoczesna technologia w służbie architektury zabytkowej

Zachowanie ciągłości dziedzictwa architektonicznego to jeden z największych współczesnych obowiązków projektantów, konserwatorów oraz inwestorów.

Budynki wzniesione setki lat temu – gotyckie kościoły, renesansowe baszty, ceglane hale fabryczne, secesyjne kamienice oraz dziewiętnastowieczne obiekty użyteczności publicznej – funkcjonują nadal w tkance miejskiej, ale dziś podlegają wymaganiom, o których w czasach ich budowy nikt nie mógł myśleć. Jednym z nich jest współczesna, efektywna i cicha wentylacja, niezbędna do utrzymania mikroklimatu i bezpieczeństwa użytkowników. Standardowe urządzenia wentylacyjne w takich miejscach zwykle powodują dysonans wizualny: nowoczesne bryły, połyskujące aluminium, agresywne kształty i industrialny charakter w zestawieniu z ornamentyką gotyku lub subtelną geometrią modernizmu tworzą wrażenie obcej ingerencji. Dlatego coraz częściej powstaje potrzeba projektowania urządzeń, które nie naruszają charakteru obiektu, lecz stają się jego naturalnym uzupełnieniem. Tak zrodziła się koncepcja Classico-250 – wentylatora dachowego stworzonego specjalnie dla architektury zabytkowej, inspirowanego stylem gotyckim, ale na tyle uniwersalnego, by komponował się także z bryłami z późniejszych epok. Gdy w XIII wieku zaczęła rozwijać się architektura gotycka, dominującą ideą stało się nadanie bryłom lekkości i wertykalnej ekspresji. Ostrołukowe okna, wysokie wieże, rytmicznie rozmieszczone przypory i ceglane mury o zróżnicowanej fakturze tworzyły charakterystyczny, monumentalny styl, obecny do dziś w wielu europejskich miastach. Jednak gotyk to nie tylko sakralna monumentalność. To także liczne budynki świeckie: ratusze, warownie, spichlerze, bramy miejskie, manufaktury oraz domy kupieckie. Wiele z nich stoi do dziś – często przekształcone, zaadaptowane, modernizowane. Każde takie miejsce wymaga odpowiedniej wentylacji, czy to z powodu dużej kubatury, czy wilgotnych murów, czy potrzeb współczesnego użytkownika. To właśnie w takiej przestrzeni urządzenia techniczne powinny być nie tylko funkcjonalne, ale też godne architektury, którą uzupełniają.



Classico-250 – wentylator, który wygląda, jakby istniał od zawsze

Patrząc na Classico-250, trudno odnieść wrażenie, że to urządzenie techniczne. Jego forma została zaprojektowana tak, aby harmonizować z estetyką budynków murowanych – szczególnie tych z cegły, klinkieru lub dachówki ceramicznej. Wykończenie przywodzi na myśl naturalnie postarzaną, lekko patynowaną stal lub głęboko wypaloną cegłę. Ciepłe rdzawo-brązowe tony z subtelnymi przebarwieniami imitują szlachetną powierzchnię, jaka powstaje na dachówkach i elementach architektonicznych po wielu latach ekspozycji na słońce, deszcz i wiatr. To nie przypadek – większość zabytkowych dachów utrzymana jest w odcieniach czerwieni, brązowego klinkieru lub cegły o zróżnicowanej tonacji. Classico-250 idealnie się z nimi stapia, nie tworząc dysonansu. Bryła urządzenia jest masywna, ale nie ociążała – dzięki temu nie konkuruje z architekturą, lecz ją dopełnia. Poszczególne powierzchnie mają wyraźne załamania geometryczne, nadające im charakteru konstrukcyjnego. To nawiązanie do dawnych technik ciesielskich i murarskich, gdzie każdy element miał jasną funkcję strukturalną.



Najbardziej charakterystycznym elementem Classico-250 są ostrołukowe otwory wentylacyjne – wyraźne na każdej elewacji urządzenia. Ten kształt jednoznacznie nawiązuje do gotyckich okien kościołów i baszt, ale w uproszczonej, nowoczesnej formie. Pionowe metalowe żaluzje podkreślają rytm, jednocześnie zasłaniając wnętrze wentylatora i nadając mu wrażenie głębi. W praktyce sprawia to, że wentylator wygląda jak miniaturowa wieżyczka lub mała architektoniczna nadbudówka, a nie jak urządzenie techniczne.

Na narożach zastosowano niewielkie łączniki i nity, które wizualnie przypominają metalowe okucia z epoki późnego średniowiecza. Całość sprawia wrażenie rzemieślniczo wykonanej bryły z epoki, zamiast produktu maszynowego. To świadomy zabieg – dzięki temu urządzenie nie „emanuje nowoczesnością”. Choć z zewnątrz Classico-250 przywodzi na myśl architektoniczny detal sprzed wieków, w środku kryje się nowoczesna technologia.

Nowoczesne, ciche i efektywne urządzenie w tradycyjnej formie

Wentylator wyposażony jest w elektronicznie komutowany silnik EC, charakteryzujący się:

- bardzo wysoką efektywnością energetyczną,

- niskim poborem mocy przy wysokiej wydajności,
- płynną regulacją obrotów,
- stabilną pracę przy długim czasie działania,
- minimalnym hałasem zarówno mechanicznym, jak i aerodynamicznym.

Silniki EC są obecnie standardem w aplikacjach premium, gdzie liczy się trwałość i efektywność – Classico-250 w pełni wykorzystuje ich zalety. W obiektach historycznych hałas bywa problemem. W muzeum, kościele czy galerii każdy dźwięk odbija się od murów i może przeszkadzać użytkownikom. Dlatego poszczególne elementy tego urządzenia zostały zaprojektowane z myślą o maksymalnej redukcji hałasu:

- zoptymalizowane aerodynamicznie łopatki wirnika,
- obudowa efektywna dla przepływu powietrza,
- tłumienie drgań w miejscach mocowań,
- masa własna konstrukcji ograniczająca rezonans.

W efekcie Classico-250 pracuje praktycznie bezszumowo, co czyni go idealnym rozwiązaniem do obiektów wymagających ciszy. Regulacja obrotów pozwala precyzyjnie dostosować wydajność wentylatora do:

- wielkości kubatury,
- poziomu wilgoci,
- wymagań technologicznych,
- oczekiwanego poziomu hałasu,
- ograniczeń konserwatorskich.

Dzięki temu można zastosować go zarówno w dużych poddaszach kościelnych, jak i niewielkich salach muzealnych czy zabytkowych klatkach schodowych. W Europie istnieją tysiące obiektów wymagających modernizacji instalacji HVAC. Są to:

- gotyckie kościoły i kaplice,
- ceglane szkoły i urzędy z XIX wieku,
- secesyjne kamienice,
- pałace i dworki,
- zabytkowe fabryki i browary,
- miejskie ratusze i zabytkowe dworce.



W każdym z nich tradycyjny wentylator wyglądałby obco. Classico-250 to urządzenie stworzone specjalnie po to, by nowoczesna instalacja nie stała w sprzeczności z duchem miejsca. Classico-250 to przykład urządzenia, które łączy dwa pozornie sprzeczne światy: historyczną estetykę i nowoczesną technikę. Wygląda jak element zabytkowej architektury – ma ostrołukowe „okna”, patynowaną kolorystykę, masywną, geometryczną bryłę i detal, który nie zaburza kompozycji dachu. Jednocześnie oferuje najwyższą klasę technologiczną: silnik EC, pełną regulację obrotów, cichą pracę i doskonałą efektywność. To wentylator, który stworzono z szacunkiem dla historii.

Uniwersal Sp. z o.o.
ul. Zakopiańska 1a
40-219 Katowice
office@uniwersal.com.pl
+48 (32) 203 71 47



Oddymianie klatek schodowych – wybrane wymagania prawne i wytyczne projektowe

Przepisy budowlane wymagają od wyposażenia technicznego budynków, aby podczas pożaru zapewnione zostały warunki umożliwiające ewakuację ludzi lub ich uratowanie w inny sposób oraz uwzględnione bezpieczeństwo ekip ratowniczych. W praktyce projektowej i budowlanej do oddymiania klatek schodowych stosuje się systemy grawitacyjne, a do zapobiegania zadymieniu systemy mechaniczne – różniące się wielkością nakładów inwestycyjnych oraz stopniem niezawodności działania.

Wymagania prawne

Warunki techniczne [1] w § 209 wyróżniają budynki oraz ich części stanowiące odrębne strefy pożarowe w rozumieniu § 226, z uwagi na przeznaczenie i sposób użytkowania, m.in.: ZL – czyli mieszkalne, zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej charakteryzowane kategorią zagrożenia ludzi oraz PM – produkcyjne i magazynowe. Budynki oraz części budynków stanowiące odrębne strefy pożarowe określane jako ZL zalicza się do jednej lub więcej kategorii zagrożenia ludzi:

ZL I – zawierające pomieszczenia przeznaczone do jednoczesnego przebywania ponad 50 osób niebędących ich stałymi użytkownikami, a nieprzeznaczone przede wszystkim do użytku osób o ograniczonej zdolności poruszania się;

ZL II – przeznaczone przede wszystkim do użytku osób o ograniczonej zdolności poruszania się, takie jak: szpitale, żłobki, przedszkola, domy dla osób starszych;

ZL III – użyteczności publicznej, niezakwalifikowane do ZL I i ZL II;

ZL IV – mieszkalne;

ZL V – zamieszkania zbiorowego, niezakwalifikowane do ZL I i ZL II.

W § 207.1 działu VI WT poświęconego bezpieczeństwu pożarowemu, w części zawierającej zasady ogólne, zawarto wymóg, aby budynek i urządzenia z nim związane były projektowane i wykonane w sposób ograniczający możliwość powstania pożaru, a w razie jego wystąpienia umożliwiający ewakuację ludzi lub ich uratowanie w inny sposób oraz uwzględniający bezpieczeństwo ekip ratowniczych.

Ewakuację umożliwiają rozwiązania wyposażone w **urządzenia zapobiegające zadymieniu**, a „uratowania w inny sposób” – systemy **służące do usuwania dymu**. Każdy z nich uwzględnia bezpieczeństwo ekip ratowniczych. Warunki Techniczne stawiają wielu rodzajom budynków wysokich i wysokościowych wyższe wymagania niż budynkom mieszkalnym, tj. ZL IV.

Rozporządzenie [1] stanowi, że w budynkach wysokich (od powyżej 25 do 55 m nad poziomem terenu) i wysokościowych (od 55 m nad poziomem terenu) istnieje obowiązek stosowania w przypadku klatek schodowych i przedsionków pożarowych **urządzeń zapobiegających zadymieniu** (§ 246.2). Natomiast zgodnie z § 245 i § 246.3 klatki schodowe powinny być **wyposażone w urządzenia zapobiegające zadymieniu lub służące do usuwania dymu**, uruchamiane samoczynnie za pomocą systemu wykrywania dymu w następujących budynkach:

- niskich dla stref pożarowych ZL II;
- średniowysokich użyteczności publicznej dla stref: ZL I, ZL II i ZL III;
- średniowysokich zamieszkania zbiorowego dla kategorii zagrożenia ZL;
- wysokich dla stref PM (przemysłowych i magazynowych).

Ponadto w § 245 WT [1] wymagają, aby klatki schodowe w budynku niskim przeznaczone do ewakuacji ze stref pożarowych z kategorią zagrożenia ZL II oraz w budynkach średniowysokich przeznaczone do ewakuacji ze stref pożarowych z kategoriami ZL I, ZL II, ZL III lub ZL V były obudowane i zamykane drzwiami dymoszczelnymi oraz wyposażone w urządzenia zapobiegające zadymieniu lub służące do usuwania dymu, uruchamiane samoczynnie za pomocą systemu wykrywania dymu.

Każde z omawianych rozwiązań – **oddymiania lub zapobiegania zadymieniu** – ma indywidualne cechy techniczne i ekonomiczne oraz poziomy bezpieczeństwa, a decyzja o jego wyborze należy do inwestora i projektantów.

W przypadku zastosowania prostszego rozwiązania do oddymiania przyjmuje się, że nastąpi zadymienie klatki schodowej i użytkownicy budynku nie będą mieli skutecznej drogi ewakuacji, ale uratują się, pozostając w pomieszczeniach budynku, które mają odpowiednie klasy odporności ogniowej przegród i drzwi. W rozwiązaniu tym system oddymiania służy do oczyszczenia klatki schodowej z dymu w celu zapewnienia bezpieczeństwa ekipom ratowniczym (straży pożarnej), które przystępują do akcji gaszenia pożaru i ewakuacji. Oddymianie wymaga zastosowania urządzeń oddymiających, czyli klap dymowych na dachu, które zostaną uruchomione po detekcji pożaru, a także nawiewów kompensacyjnych. Dla osiągnięcia szybkiego efektu ekipy ratownicze mogą wykorzystywać wentylatory przenośne nawiewające powietrze u dołu klatki schodowej.



Rys. 1. Wytyczne CNBOP-PIB W-0003:2016
Systemy oddymiania klatek schodowych

Z kolei zadaniem systemów zapobiegania zadymieniu jest niedopuszczenie do przedostania się lotnych produktów spalania do przestrzeni dróg ewakuacyjnych (dróg ucieczki użytkowników budynku) i dróg pożarowych (dojścia ekip gaśniczo-ratowniczych). Zadanie to realizują systemy różnicowania ciśnień, tworząc odpowiednie warunki nadciśnienia lub przepływu w drzwiach otwartych. Utrzymanie takich warunków zabezpiecza strefę chronioną przed przedostawaniem się do niej dymu i zapewnia tym samym bezpieczną ewakuację oraz pracę ekip ratowniczo-gaśniczych. W dużym uproszczeniu działanie systemu tego typu polega na uruchomieniu wentylatora nawiewnego po wykryciu pożaru, tak aby tłoczył on powietrze do strefy chronionej w celu zapewnienia w niej nadciśnienia i uniemożliwienia napływu dymu. Wydajność systemu jest automatycznie dostosowywana do zdarzeń zachodzących w czasie ewakuacji, jak np. otwarcie drzwi przeciwpożarowych [13].

Koszty inwestycyjne

W artykule A. Bogusławskiej i D. Brzezińskiej [6] przedstawiono m.in. wyniki obliczeń kosztów inwestycyjnych czterech różnych rozwiązań oddymiania i zapobiegania zadymieniu dla przykładowej klatki schodowej w budynku średniowysokim o wysokości 20 m i kategorii zagrożenia ZL III.

Pierwszym analizowanym rozwiązaniem jest system grawitacyjnego odprowadzania dymu i ciepła z klatki schodowej składający się z kłapy oddymiającej z napędem elektrycznym oraz otworów nawiewnych (drzwi), a także centrali sterującej. Obliczenia wykonano zgodnie z normą PN/B-02877-4:2001+A21/2006 [3].

Drugie rozwiązanie stanowi system różnicowania ciśnienia składający się z jednostki napowietrzającej, układu czujników, centrali sterującej oraz pięciu okien upustowych z siłownikami. Obliczenia wykonano wg normy PN-EN 12101-6 [4] w klasie C.

Trzecie rozwiązanie to oddymianie za pomocą kłapy dymowej z nawiewem mechanicznym o stałej wydajności, składającym się z jednostki napowietrzającej, kłapy oddymiającej z napędem elektrycznym i centrali sterującej. Obliczenia wykonano w ramach badań prowadzonych na Politechnice Łódzkiej. Rozwiązanie to różni się od pierwszego pod tym względem, że zwiększa niezawodność działania w zmiennych warunków atmosferycznych dzięki mechanicznemu nawiewowi u dołu klatki.

Czwarte rozwiązanie to oddymianie kłapami dymowymi z nawiewem mechanicznym o zmiennej wydajności, składające się z jednostki napowietrzającej, kłapy oddymiającej z napędem elektrycznym i regulatorem ciśnienia oraz centrali sterującej. Obliczenia wykonano według wytycznych CNBOP [2].

Autorki porównały rozwiązania nr 2–4 przyjmując, że rozwiązanie nr 1 stanowi 100% kosztów. Rozwiązanie drugie było droższe od pierwszego o 715%, trzecie o 135%, a czwarte o 385% [6].

Wymagania techniczne, niezawodność i bezpieczeństwo

Praktyka wskazuje, że najwięcej problemów w procesie projektowania instalacji oddymiania sprawiają kwestie doprowadzenia powietrza wentylacyjnego [8].

Grawitacyjne odprowadzenie dymu z klatki schodowej (wariant pierwszy) stosunkowo łatwo wykonać i tym samym jest to najtańsze rozwiązanie spośród stosowanych do oddymiania klatek schodowych. System jest prosty i nie wymaga urządzeń regulujących i sterujących, działa niezawodnie w ujęciu technicznym, ale bywa podatny na wpływ zmiennych warunków atmosferycznych – parcia wiatru i temperatury zewnętrznej. Wpływ różnicy temperatury między otoczeniem zewnętrznym a chronioną klatką schodową oceniły m.in. A. Bogusławska i D. Brzezińska [7] podczas badań przeprowadzonych na terenie kampusu Politechniki Łódzkiej w rzeczywistym budynku średniowysokim LabFactor o wysokości 19,8 m. Wyniki wskazują, że ten system oddymiania funkcjonuje z odpowiednią wydajnością przepływu powietrza przez klatkę schodową, czyli 10 wymian/godz. zgodnie z normą brytyjską BS 7346-7:2013, przez ok. 80% roku [7].

Aby system był wydajny, kłapy dymowe na dachu budynku powinny być umieszczane bezpośrednio nad przestrzenią klatki schodowej i nie należy stosować okien lub ściennych urządzeń oddymiających. Ścienne punkty wylotu dymu powodują bowiem ryzyko powstania parcia wiatru na nie. Wiatr o prędkości 3–4 m/s, czyli 10–15 km/h, może *znacznie zakłócić proces oddymiania lub nawet zmienić kierunek przepływu dymu w przestrzeni klatki schodowej* [8].

Zastosowanie mechanicznego nawiewu o stałej wydajności i oddymiania kłapami (wariant trzeci [6]) podnosi skuteczność tradycyjnego systemu grawitacyjnego, gdyż zwiększa jego niezależność od panujących warunków atmosferycznych.

Z kolei oddymianie kłapami dymowymi z nawiewem mechanicznym o zmiennej wydajności (wariant czwarty [6]) ma wyższą skuteczność niż system grawitacyjny, gdyż zapewnia przepływ powietrza przez klatkę schodową niezależnie od warunków atmosferycznych oraz w zmiennych warunkach otwarcia i zamknięcia drzwi ewakuacyjnych.

System różnicowania ciśnienia (wariant drugi [6]) jest najmniej podatny na zmienne warunki zewnętrzne, zapewnia najwyższe bezpieczeństwo i najlepsze warunki do ewakuacji oraz działania służb ratowniczych, jest też przy tym najdroższy inwestycyjnie.

Zakres stosowania powyższych rozwiązań powinien być ściśle powiązany z rodzajem budynku, jego cechami indywidualnymi oraz charakterem funkcjonowania [6, 8]. Wspomniane powyżej przepisy § 207 WT wymagają od systemów oddymiania klatki schodowej łącznego spełniania dwóch zdań – co najmniej uratowania użytkowników budynku w inny sposób niż ewakuacja oraz stworzenia warunków do bezpiecznego działania ekip ratowniczych. System grawitacyjny jest prawnie usankcjonowanym rozwiązaniem, jednak nie zapewnia skutecznej ochrony pionowych dróg ewakuacji,

tylko uratowanie użytkowników budynku „w inny sposób”. Z tych powodów rzeczoznawcy ds. zabezpieczeń ppoż. coraz częściej w przypadku wysokich budynków mieszkalnych zalecają stosowanie wentylacji pożarowej chroniącej klatkę schodową przed zadymieniem, czyli systemów różnicowania ciśnienia [8]. Skuteczność oddymiania grawitacyjnego w okresach wysokich temperatur zewnętrznych jest odwrotnie proporcjonalna do wysokości budynku i tym samym już w budynkach wysokich, a nie tylko wysokościowych występuje duże ryzyko, że nawet prawidłowo zaprojektowany system grawitacyjny nie usunie dymu z klatki schodowej [8].

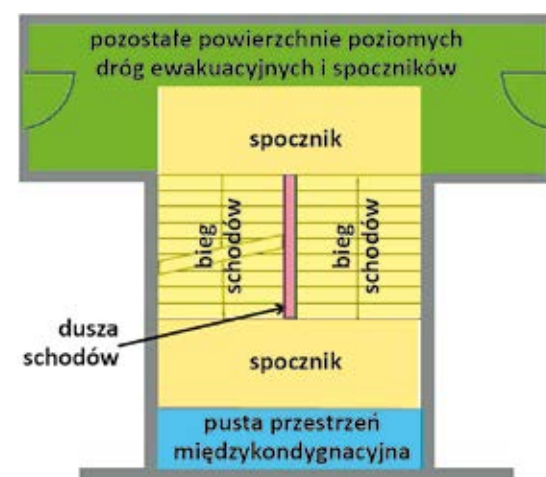
Powierzchnia obliczeniowa klatki schodowej i parametry systemów oddymiania grawitacyjnego

Szczegółowe zalecenia projektowania systemów oddymiania klatek schodowych zawierają Wytyczne CNBOP-PIB W-0003:2016 [2]. Podają one, że podstawą do wymiarowania elementów systemu oddymiania jest powierzchnia obliczeniowa klatki schodowej, określana w sposób opisany w rozdziale 6.1. Przedstawiona tam metoda obliczeniowa dotyczy klatek schodowych, w odniesieniu do których spełnione są wszystkie poniższe warunki:

- powierzchnia klatki schodowej na dowolnej kondygnacji nie przekracza 40 m²;
- z klatką schodową są połączone korytarze lub inne przestrzenie o długości do 10 m, licząc od granicy powierzchni obliczeniowej klatki schodowej;
- długość dojścia do granicy powierzchni obliczeniowej klatki schodowej z dowolnych drzwi nie przekracza 5 m;
- szerokość przyległego korytarza, stanowiącego wspólną przestrzeń z klatką schodową, nie przekracza 3 m.

W przypadku braku spełnienia któregokolwiek z powyższych warunków Wytyczne wymagają, by skuteczność wstępnie zaprojektowanego systemu oddymiania zgodnego z wymaganiami tego rozdziału została potwierdzona z wykorzystaniem narzędzi CFD. Warunki i zasady prowadzenia obliczeń oraz kryteria oceny skuteczności systemu określone są w rozdziałach 6 i 7.

Wytyczne zalecają, aby klapy dymowe w dachu sytuować możliwie centralnie w stosunku do podstawy klatki schodowej. Przy określaniu powierzchni napływu powietrza kompensacyjnego należy dążyć do spełnienia warunku, by powierzchnia czynna otworów/urządzeń zastosowanych do zapewnienia napływu powietrza



Rys. 2. Obszary występujące na klatce schodowej

Źródło: Wytyczne CNBOP-PIB W-0003:2016

kompensacyjnego była nie mniejsza niż powierzchnia czynna zastosowanych urządzeń oddymiających. Sumaryczna powierzchnia czynna klapy dymowej w budynkach niskich i średniowysokich powinna odpowiadać co najmniej 5% powierzchni obliczeniowej klatki schodowej i nie mniej niż 1 m², a w budynkach wysokich nie mniej niż 1,5 m².

Według wytycznych CNOBP powierzchnia obliczeniowa klatki schodowej wynika z przestrzeni wymaganej do swobodnego przemieszczania się ludzi pomiędzy najwyższą kondygnacją a poziomem wyjścia z budynku. Jest ona ograniczona wymiarami biegu schodów, wolną przestrzenią między nimi lub inną pustą przestrzenią międzykondygnacyjną oraz spocznikami wydzielonymi wzdłuż linii schodów, o szerokości takiej jak szerokość schodów w budynku (wymiar określony na podstawie projektowanej geometrii; rys. 2). Powierzchnię obliczeniową klatki schodowej definiują wielkości pól powierzchni: A, B, C i D (zgodnie z rys. 3). Należy również zdefiniować powierzchnię E, która służy do wyliczenia powierzchni klatki schodowej (A_{KS}), nie jest jednak wliczana do powierzchni obliczeniowej klatki schodowej (A_{KS-O}).

Do zdefiniowania **powierzchni obliczeniowej klatki schodowej** zastosowano następujące parametry, zobrazowane na rys. 2:

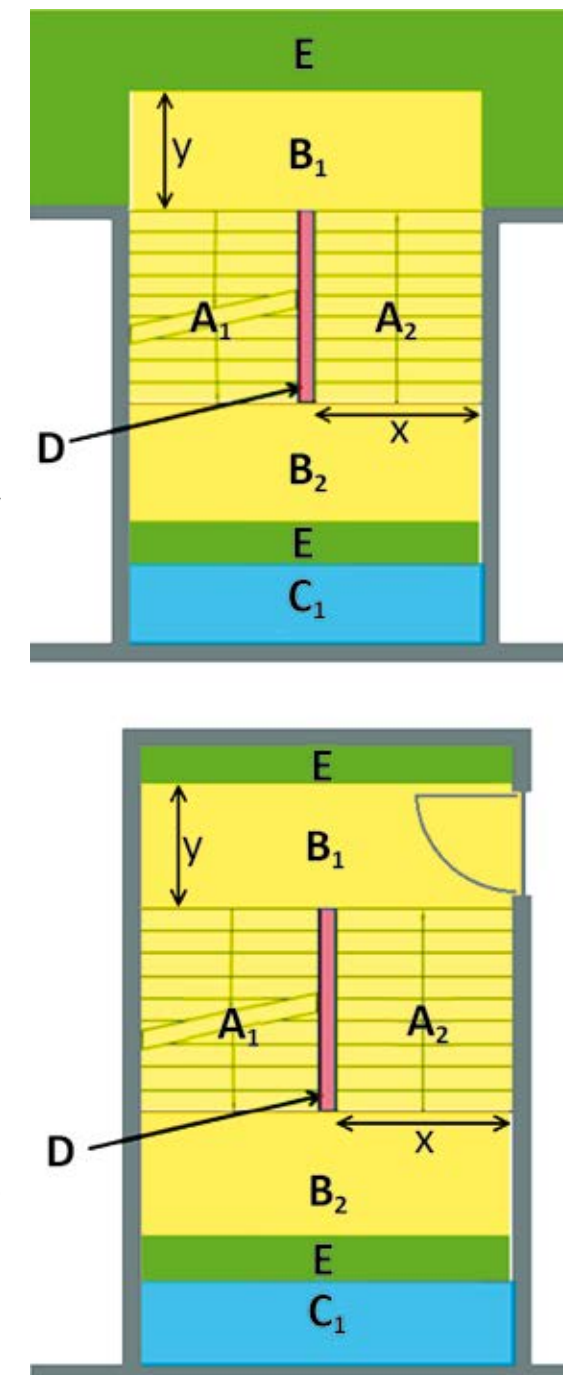
x – rzeczywista szerokość biegu schodów (nie mniejsza niż minimalna szerokość użytkowa biegu wynikająca z WT);

y – minimalna szerokość spocznika wynikająca z WT i nie mniejsza niż x;

A – maksymalna powierzchnia rzutu biegów schodów, o zdefiniowanej szerokości biegu (x):

$$A = \sum_{i=1}^n A_i \text{ [m}^2\text{]} \quad (1)$$

B – minimalna wymagana powierzchnia spoczników wynikająca z geometrii klatki schodowej i wymaganej minimalnej szerokości użytkowej spocznika (wynikającej z WT):



Rys. 3. Rodzaje powierzchni występujących na klatce schodowej

Źródło: Wytyczne CNBOP-PIB W-0003:2016

$$B = \sum_{j=1}^m B_j \text{ [m}^2\text{]} \quad (2)$$

C – powierzchnia pozostałych otworów międzykondygnacyjnych:

$$C = \sum_{k=1}^p C_k \text{ [m}^2\text{]} \quad (3)$$

Powierzchnia C powinna spełniać następujący warunek:

$$C \leq 10\% (A + B) \quad (4)$$

W przypadku niespełnienia tego warunku można skorzystać z zasad projektowania zawartych w omawianych Wytycznych, jednak niezbędne jest potwierdzenie skuteczności projektowanego systemu oddymiania za pomocą analiz CFD zgodnie z rozdziałem 7;

D – powierzchnia duszy schodów, której stawia się następujący warunek:

$$D \leq 25\% (A + B) \quad (5)$$

W przypadku niespełnienia powyższego warunku można korzystać z zasad przedstawionych w Wytycznych po zweryfikowaniu skuteczności za pomocą analiz CFD;

E – pozostałe powierzchnie poziomych dróg ewakuacyjnych i spoczników. Jeżeli dla jednej klatki schodowej na poszczególnych kondygnacjach uzyskano różne wartości powierzchni obliczeniowej A_{KS-O} , do dalszych obliczeń należy wybrać największą z tych wartości.

W załączniku do Wytycznych podano przykłady wyznaczania powierzchni obliczeniowej A_{KS-O} dla klatek schodowych o różnej konstrukcji.

Wytyczne podają, że w przypadku klatek schodowych w budynkach istniejących, których wymiary biegu lub spocznika są mniejsze niż wymagane przez aktualne WT, do wyznaczenia powierzchni obliczeniowej klatki należy przyjąć minimalne szerokości użytkowe biegu/spocznika wynikające z aktualnych wymagań WT.

Wytyczne informują także, jak określać **parametry elementów wykonawczych systemów oddymiania grawitacyjnego** – urządzeń oddymiających i napływu kompensacyjnego.

Sumaryczna powierzchnia czynna klap dymowych (A_{cz}) w budynkach niskich i średniowysokich powinna odpowiadać co najmniej 5% powierzchni obliczeniowej klatki schodowej (A_{KS-O}) i nie powinna być mniejsza niż 1 m²:

$$A_{cz} = \max(0,05 \cdot A_{KS-O}; 1,0) \text{ [m}^2\text{]} \quad (6)$$

Klapy dymowe w dachu należy usytuować jak najbardziej centralnie w stosunku do podstawy klatki schodowej. W stropach pochylonych klapy dymowe należy umieszczać na 1/3 wysokości stropu, licząc od góry.

W procesie określania **powierzchni napływu powietrza kompensacyjnego** należy dążyć do spełnienia warunku, by powierzchnia czynna otworów/urządzeń zastosowanych do zapewnienia napływu powietrza kompensacyjnego (A_{cz_komp}) była nie mniejsza niż powierzchnia czynna zastosowanych urządzeń oddymiających (A_{cz}):

$$A_{cz_komp} \geq A_{cz} \quad (7)$$

Wymaga to jednak użycia urządzeń przebadanych pod kątem aerodynamicznym przez niezależne i kompetentne laboratorium badawcze z uwzględnieniem normy PN-EN 12101-2 i z akredytacją dla normy PN-EN ISO/IEC 17025.

Jeżeli powierzchnia czynna zastosowanych otworów kompensacyjnych (A_{cz_komp}) nie jest znana, ich powierzchnię należy wyznaczyć na podstawie powierzchni geometrycznej urządzeń oddymiających (A_{odd_geom}) według jednej z dwóch metod:

1. Jeśli otworem kompensacyjnym mają być drzwi otwarte pod kątem co najmniej 90°, powierzchnię geometryczną kompensacji (A_{komp_geom}) należy przyjąć jako o 30% większą od powierzchni geometrycznej urządzeń oddymiających (A_{odd_geom}):

$$A_{komp_geom} \geq 1,3 \cdot A_{odd_geom} \quad (8)$$

Funkcję napływu powietrza kompensacyjnego mogą pełnić automatycznie otwierane pojedyncze drzwi, pod warunkiem że łączą one przestrzeń klatki schodowej bezpośrednio z przestrzenią zewnętrzną, lub co najwyżej automatycznie otwierane dwoje drzwi w układzie szeregowym, łączące przestrzeń klatki schodowej z przestrzenią zewnętrzną, jeżeli odległość pomiędzy nimi nie będzie przekraczać 5 m.

2. W przypadku zastosowania innego automatycznie otwieranego otworu kompensacyjnego łączącego przestrzeń klatki schodowej bezpośrednio z przestrzenią zewnętrzną (np. okno, żaluzja, przepustnica itp.), dla którego producent udostępnia, na swoją odpowiedzialność, informację na temat powierzchni efektywnej urządzenia, powierzchnię kompensacji (efektywnej) przyjmuje się jako wartość o 30% większą od wartości powierzchni geometrycznej urządzeń oddymiających:

$$A_{komp_eff} \geq 1,3 \cdot A_{odd_geom} \quad (9)$$

Podsumowanie

Wybór sposobu ochrony dróg ewakuacyjnych – instalacji oddymiania lub systemu różnicowania ciśnień – powinien uwzględniać także akceptowalność cech danego rozwiązania w każdych warunkach, zmieniających się w ciągu roku. W wielu budynkach stawia się na systemy oddymiania grawitacyjnego ze względu na niższe koszty inwestycyjne i eksploatacyjne, co jest także wyborem

powszechnie akceptowalnym w zakresie bezpieczeństwa w budynkach niskich i średniowysokich oraz niektórych wysokich. Systemy różnicowania ciśnienia, choć są znacznie droższe i trudniejsze w utrzymaniu, zapewniają wysokie bezpieczeństwo zwłaszcza w budynkach wysokich i wysokościowych dzięki przewidywalnej i regulowanej pracy w reakcji na zmianę warunków w obiekcie oraz niepoddawaniu się wpływom zmiennych warunków atmosferycznych.

Waldemar Joniec

Literatura

1. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2022 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (t.j. DzU 2022, poz. 1225)
2. Wytyczne CNBOP-PIB W-0003 *Systemy oddymiania klatek schodowych*, maj 2019, <https://www.cnbop.pl/wydawnictwa/wytyczne/wytyczne-systemy-oddymiania-klatek-schodowych.pdf> (dostęp: 20.03.2024)
3. PN-B-02877-4:2001Az2006 *Ochrona przeciwpożarowa budynków. Instalacje grawitacyjne do odprowadzania dymu i ciepła. Zasady projektowania*
4. PN-EN 12101-6:2022 *Systemy kontroli rozprzestrzeniania dymu i ciepła. Część 6: Wymagania techniczne dotyczące systemów różnicowania ciśnień. Zestawy urządzeń*
5. PN-EN 12101-13:2022 *Systemy kontroli rozprzestrzeniania dymu i ciepła. Część 13: Systemy różnicowania ciśnień (SRC). Projektowanie i metody obliczeniowe, instalowanie, badania okresowe i konserwacja*
6. Bogusławska Arleta, Brzezińska Dorota, *Systemy wentylacji pożarowej klatek schodowych*, „Instal” 12/2017
7. Bogusławska Arleta, Brzezińska Dorota, *Systemy oddymiania klatek schodowych. Wpływ temperatury zewnętrznej na przepływ powietrza*, „Cyrkulacje” 76 (lipiec-sierpień), 2023
8. Kubicki Grzegorz, *Problemy projektowania systemów oddymiania klatek schodowych w budynkach wielokondygnacyjnych*, „Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja” 4/2023, DOI:10.15199/9.2023.4.3
9. Kubicki Grzegorz, *Wentylacja pożarowa klatek schodowych budynków mieszkalnych – wybór rozwiązania*, „Rynek Instalacyjny” 10/2021, <https://www.rynekinstalacyjny.pl/artikel/systemy-ppoz/117546,ventylacja-pozarowa-klatek-schodowych-budynkow-mieszkalnych-wybor-rozwiazania>
10. Kubicki Grzegorz, Tekielak-Skałka Izabela, *Wyniki badań obiektowych systemu oddymiania klatek schodowych ze zmiennym nawiewem mechanicznym*, „Rynek Instalacyjny” 5/2017, <https://www.rynekinstalacyjny.pl/artikel/systemy-ppoz/30339,wyniki-badan-obiektowych-systemu-oddymiania-klatek-schodowych-ze-zmiennym-nawiewem-mechanicznym>
11. Łącki Włodzimierz, *Systemy różnicowania ciśnienia. Nowelizacja normalizacji w zakresie projektowania, obliczania, montażu oraz badań i konserwacji*, „Rynek Instalacyjny” 12/2022, <https://www.rynekinstalacyjny.pl/artikel/systemy-ppoz/153696,systemy-roznicowania-cisnienia>
12. Sztarbała Ewa, Sztarbała Grzegorz, *Siła otwarcia drzwi 100 N a samozamykacz w drzwiach do przestrzeni chronionej*, „Cyrkulacje” 76 (lipiec-sierpień), 2023
13. Joniec Waldemar, *Systemy różnicowania ciśnienia – wybrane aspekty stosowania*, „Rynek Instalacyjny” 11/2023, <https://www.rynekinstalacyjny.pl/artikel/systemy-ppoz/162621,systemy-roznicowania-cisnienia-wybrane-aspekty-stosowania>



Wentylatory oddymiające

Wentylatory oddymiające rewersyjne

- dostępne średnice 315 - 2000 mm
- ilość powietrza do 250 000 m³/h
- odporność ogniowa F200 - F600
- dobór dla wielu punktów pracy
- certyfikowane akcesoria
- 100% rewersji



Wentylatory strumieniowe

Wentylatory strumieniowe JET

- silnik umieszczony w strumieniu
- dostępne średnice 315 - 650 mm
- odporność ogniowa F300, F400
- ciąg statyczny do 321 N
- deflektor na tłoczeniu
- zintegrowane tłumiki



Kłapy przeciwpożarowe

Przeciwpożarowe kłapy odcinające

- prostokątne FKA2-EU / FK2-EU*
- już od 200x100 do 1500x800 mm
- okrągłe FKRS-EU/FKR-EU do Ø800
- klasyfikacja EI 240*, wykonanie ATEX*
- zmniejszone warunki zabudowy
- integracja z BMS



Kłapy wentylacji pożarowej

Kłapy: EK-JZ, EK2-EU, EKA2-EU, EK-JS

- obudowa stalowa lub z krzemianu wapnia
- wydajność >100 000 m³/h na jedną klapę
- przesterowanie podczas pożaru MA
- klasyfikacja EI 180/120/90
- montaż pionowy i poziomy
- integracja z BMS



Centrale sterujące

Centrale zasilająco-sterujące TSCC

- do instalacji oddymiających i bytowych
- do sytemów nadciśnieniowych
- detekcja i sygnalizacja pożaru
- wykonanie zewnętrzne
- Świadectwo Dopuszczenia CNBOP
- integracja z BMS



Marcin Gasiński

Aereco

Klapy przeciwpożarowe odcinające – na co zwracać uwagę podczas montażu

Zadaniem klap przeciwpożarowych jest ochrona sąsiadujących ze sobą pomieszczeń przed bezpośrednim przenoszeniem się pożaru pomiędzy nimi oraz ograniczenie rozprzestrzeniania się dymu w instalacji. Skuteczność tej biernej ochrony ppoż. zależy m.in. od poprawnego doboru i starannego przeprowadzenia prac montażowych na budowie.

Biorąc pod uwagę liczbę instalowanych co roku w budynkach przeciwpożarowych klap odcinających (dalej: klap), są to jedne z najczęściej stosowanych elementów biernych zabezpieczeń ppoż. Powszechne wykorzystanie nie zawsze idzie jednak w parze z prawidłowym użytkowaniem. Z powodu błędnego doboru czy niepoprawnego montażu istotny odsetek wbudowanych klap nie spełni deklarowanych właściwości użytkowych, co przełoży się na zwiększenie ryzyka dla użytkowników i ekip ratowniczych oraz strat materialnych.

Klapa jest wyrobem budowlanym wprowadzanym do obrotu z oznakowaniem CE. Oznacza to, że wszyscy producenci posługują się tą samą zharmonizowaną specyfikacją techniczną, normą do badań, klasyfikacji i rozszerzonego zastosowania wyników badań [1, 2, 3, 4]. Pozornie zasady prawidłowego stosowania tego wyrobu powinny być dobrze znane uczestnikom procesu budowlanego, a obecność w procesie rzeczoznawcy ds. zabezpieczeń przeciwpożarowych eliminować ewentualne niedostatki. Jednak wnikliwa obserwacja rynku i praktyk towarzyszących budowie wskazuje, że istotny wpływ na poziom bezpieczeństwa budynku mają kompetencje firm przeprowadzających instalację. To od doświadczenia i fachowości ich pracowników oraz ewentualnych ingerencji w zaprojektowane urządzenia (polegających przede wszystkim na poszukiwaniu tańszych zamienników, co jest obecnie na porządku dziennym w procesach budowlanych w obliczu rosnących kosztów) zależy najwięcej. Dochodzą do tego napięte harmonogramy oraz braki kadrowe powodujące pośpieszne podejmowanie decyzji i prac montażowych, a tym samym wzrost ryzyka popełnienia błędu.

Dobór klapy do przegrody budowlanej

Z obserwacji rynku wynika, że największy problem sprawia dobór klapy odpowiedniej do wybudowanej przegrody budowlanej, dla której wykonuje się zabezpieczenie przejścia instalacyjnego. Otrzymywane przez producentów klap zapytania ofertowe zawierają najczęściej rozmiar klapy oraz

oczekiwaną klasyfikację ogniową EIS, bez szczegółowych informacji dotyczących sposobu instalacji czy danych dotyczących samej przegrody oddzielenia przeciwpożarowego. Właściwości ogniowe klap są zawsze oceniane w powiązaniu z określonym sposobem montażu (wewnątrz, na powierzchni lub w oddaleniu od przegrody) w ściśle zdefiniowanej przegrodzie budowlanej, co oznacza, że ten sam wyrób zamontowany w inny sposób lub w przegrodzie innego typu może służyć do zabezpieczenia przejścia instalacyjnego o innej klasyfikacji EIS (szerzej pisałem o tym w RI 1–2/2020 [7]).

Zgodnie z normą PN-EN 1366-2:2015-08 [2] przeciwpożarowe klapy odcinające bada się w ścianach opisanych w normie PN-EN 1363-1:2020-07 [5]. W dokumencie tym wyróżniono tzw. standardowe i niestandardowe przegrody pionowe. Standardowe to takie, w odniesieniu do których wykonano tak wiele badań ogniowych, że ich klasyfikacja (R)EI jest znana bez konieczności przeprowadzenia badań dodatkowych. Ściany standardowe dzielą się na:

- sztywne o dużej gęstości, min. 850 kg/m³, murowane z cegły, betonu, żelbetu, bloczków silikatowych czy pustaków i grubości wynikającej ze spodziewanego czasu klasyfikacyjnego,
- sztywne o niskiej gęstości, 650±200 kg/m³, murowane z bloczków betonu komórkowego i grubości wynikającej ze spodziewanego czasu klasyfikacyjnego,
- elastyczne, zbudowane z płyt gipsowo-kartonowych typu F wg EN 520 na słupkach stalowych – szczegółowe wymagania dotyczące konstrukcji ściany elastycznej standardowej dla spodziewanego czasu klasyfikacyjnego określono w normie [5].

Badanie klapy po montażu w ścianie standardowej sztywnej pozwala na jej stosowanie w praktyce również w innych ścianach sztywnych standardowych pod warunkiem zachowania nie mniejszej grubości i gęstości niż ściana badana. Z kolei wykonanie badania wyłącznie w ścianie standardowej elastycznej umożliwia stosowanie w ścianie sztywnej standardowej o dowolnej gęstości, ale o minimalnej grubości i uszczelnieniu przejścia instalacyjnego jak dla badanej ściany elastycznej.

Ponieważ ściany w pomieszczeniach nie są wznoszone wyłącznie z uwagi na ochronę przed ogniem, w projektach pojawia się wiele konstrukcji niestandardowych w rozumieniu normy [5], w przypadku których również trzeba zabezpieczyć wykonane przejście instalacyjne. Przykładem takich niestandardowych ścian są np. ściany klejone z bloczków gipsowych. Montowanie klapy w ścianach niestandardowych wymaga jednak oddzielnych badań, bez względu na fakt przebadania wcześniej konstrukcji standardowych.

W jaki sposób odróżnić, czy przegroda, z którą mamy do czynienia na budowie, to ściana standardowa czy niestandardowa, jeśli nie można jej dopasować do kategorii opisanych w normie PN-EN 1363-1:2020-07 [5]? Najłatwiejszym do identyfikacji wyróżnikiem będzie klasyfikacja ogniowa. W przypadku ściany standardowej jest ona opisana w normach do projektowania konstrukcji (Eurokod), a dla ścian niestandardowych opracowywana oddzielnie przez laboratorium notyfikowane na podstawie wykonanych wcześniej badań. Szczegółowe informacje o rodzaju badanej ściany

oraz możliwościach montażu klapy w ścianach o innej konstrukcji również zawarte są w klasyfikacji ogniowej klapy, którą jej producent powinien udostępnić na żądanie.

Wykonanie otworu montażowego

Po prawidłowym zidentyfikowaniu przegrody i ocenie możliwości montażu klapy można przystąpić do wykonania otworu montażowego. Wymiary tego otworu są zawsze ściśle określone w czasie badania, a jego ewentualne powiększenie lub zmniejszenie możliwe w przypadkach opisanych w normie PN-EN 15882-2:2023-02. Możliwość rozszerzonego zastosowania wyników badań odporności ogniowej instalacji użytkowych [4] powinna być wskazana w dokumentacji technicznej klapy. Staranność wykonywania otworów montażowych na budowach jest często nie najwyższa. W przypadku wykonania nieprawidłowego otworu i nierównomiernego rozłożenia materiału uszczelniającego klapę w otworze można się spodziewać m.in. nierównomiernego wzrostu temperatury powierzchni ściany/obudowy klapy po stronie nieobjętej pożarem, czyli niedotrzymania deklarowanego czasu klasyfikacyjnego dla izolacyjności ogniowej (oznaczenie klasyfikacyjne „I”).

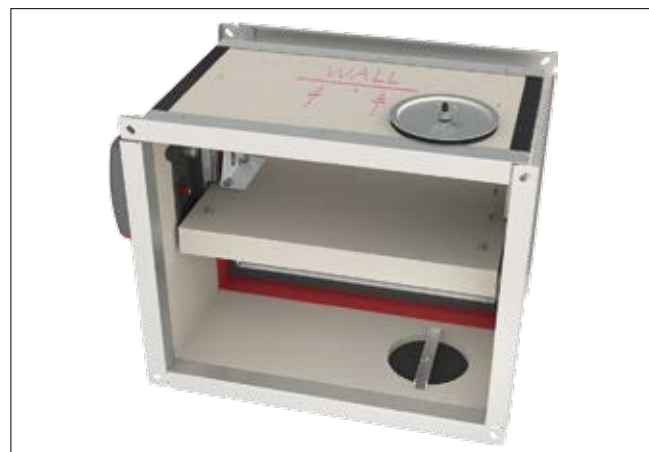
Lokalizując w przegrodzie przejście instalacyjne zabezpieczone klapą, należy pamiętać o zachowaniu minimalnych odległości pomiędzy montowaną klapą a sąsiadującymi ścianą/stropem czy inną klapą montowaną w tej samej przegrodzie. Odległości te powinny być określone w deklaracji właściwości użytkowych oraz dokumentacji technicznej klapy. Należy pamiętać, że są one mierzone od powierzchni obudowy klapy, ewentualnie od powierzchni przewodu, w którym zamontowano klapę, a nie od krawędzi otworu montażowego.

Osadzenie klapy wewnątrz ściany

Po prawidłowym wykonaniu otworu należy osadzić klapę wewnątrz ściany. Niezmiernie istotne jest prawidłowe umieszczenie klapy w otworze na odpowiedniej głębokości. Pomocne są w tym



Rys. 1. Przykłady oznaczeń na klapie wykonanych za pomocą taśm i elementów graficznych, wskazujących na prawidłowe osadzenie wewnątrz przegrody na odpowiedniej głębokości



Źródło: Aereco

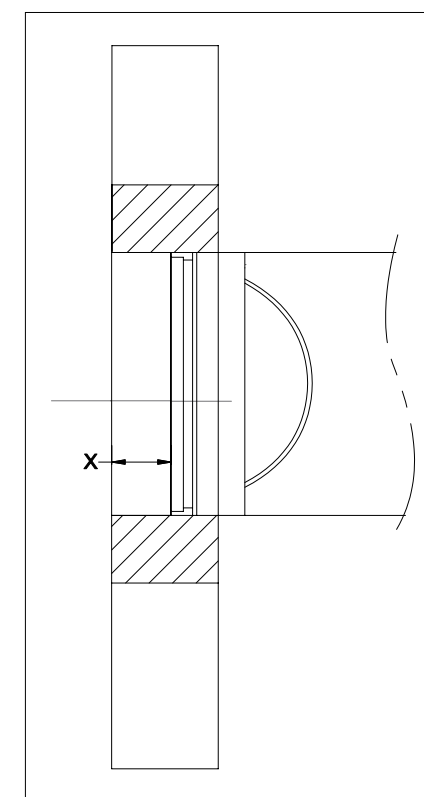
oznaczenia umieszczane na obudowie w postaci taśm/oznaczeń graficznych (rys. 1) czy elementów pozycjonujących (rys. 2). Pozycja klapy wewnątrz otworu ściennego jest o tyle istotna, że determinuje pozycję zamkniętej przegrody ogniochronnej klapy. Zmiana pozycji klapy, np. zbyt płytkie osadzenie, oznacza, że deklarowana klasyfikacja EIS nie będzie utrzymana. Ten aspekt montażu nabiera istotnego znaczenia w przypadku klap montowanych wewnątrz przewodów wentylacyjnych, stosowanych najczęściej w ścianach szachtów instalacyjnych w budynkach mieszkalnych wielorodzinnych. W czasie badań klasyfikacyjnych takich klap określana jest odległość pomiędzy obudową klapy, przynajmniej z jednej strony, a krawędzią otworu w ścianie (odległość X na rys. 3). O ile ustawienie klapy w otworze według zaleceń producenta nie jest skomplikowane, jej przesunięcie może nastąpić po montażu kratki wentylacyjnej od strony pomieszczenia (rys. 4). Zbyt długi króciec montażowy przemieści klapę do szachtu, wysuwając ją często poza obrys ściany. W takim przypadku klasyfikacja EIS nie będzie zachowana. Ponieważ po zamontowaniu kratki klapa jest niewidoczna, nie można wizualnie ocenić jej prawidłowego usytuowania. Zdecydowanie zaleca się sprawdzenie rozmiaru króćca kratki wentylacyjnej przed montażem, a gdy jego długość przekracza wartość X z rys. 4 – wysunięcie kratki do pomieszczenia i odpowiednie wykończenie lub zastosowanie innego typu kratki (z króćcem o mniejszej długości). Pozycja klapy powinna pozostać niezmienną, zgodnie z dokumentacją techniczną wyrobu.

Uszczelnienie klapy

Po prawidłowym osadzeniu klapy w otworze należy ją uszczelnić. Rodzaj materiału uszczelniającego określany jest w trakcie badań, najczęściej w powiązaniu z materiałem, z którego jest wykonana ściana, oraz preferowaną technologią uszczelnienia („na sucho”, „na mokro”). Jeśli materiał został stosunkowo dokładnie opisany, np. poprzez podanie minimalnej gęstości wełny mineralnej dla uszczelnień „na sucho”, sprawa jest prosta, gorzej



Rys. 2. Przykład klapy z elementem dystansującym wskazującym na prawidłowe osadzenie wewnątrz przegrody

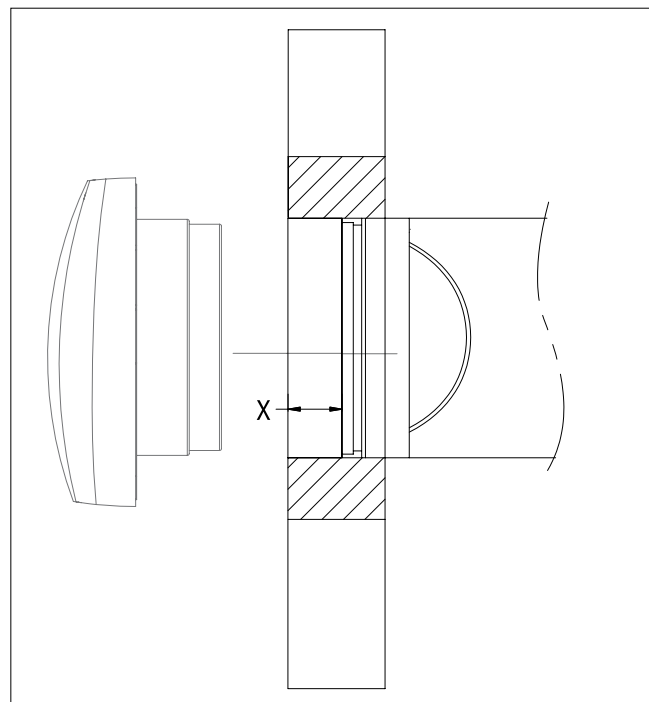


Rys. 3. Zbyt płytkie osadzenie spowoduje, że deklarowana klasyfikacja EIS nie zostanie utrzymana, dlatego także w przypadku klap montowanych wewnątrz przewodów wentylacyjnych należy zwracać uwagę na wymaganą odległość pomiędzy obudową klapy, przynajmniej z jednej strony, a krawędzią otworu w ścianie – na rys. oznaczoną symbolem X

Źródło: Aereco

wygląda sytuacja w przypadku tak popularnych uszczelnień „mokrych” jak „zaprawa murarska standardowa”. W obrotie jest wiele różnych materiałów uszczelniających, dlatego należy dołożyć szczególnej staranności przy wyborze tego właściwego.

Zaprawa murarska jest wyrobem budowlanym objętym znakowaniem CE, dla której specyfikację techniczną stanowi norma zharmonizowana PN-EN 998-2 *Wymagania dotyczące zaprawy do murów* [6]. Zaprawa standardowa stosowana do mocowania klap powinna odpowiadać klasie od M2,5 do M10 wg normy PN-EN 998-2. Norma ta została wskazana jako właściwa dla zaprawy w normie Eurokod 6 do projektowania konstrukcji murowych (seria norm PN-EN 1996). Normy Eurokod zostały przywołane w rozporządzeniu w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, do obowiązkowego stosowania (§ 204 ust. 4).



Rys. 4. Należy zwracać uwagę na ryzyko przesunięcia klapy podczas montażu kratki wentylacyjnej od strony pomieszczenia. Zbyt długi króciec montażowy kratki przemieści klapę do szachtu, wysuwając ją poza obrys ściany. Przed montażem zaleca się sprawdzenie długości króćca kratki wentylacyjnej, tak aby nie przekraczać wartości X i w razie potrzeby zastosować kratkę z króćcem o mniejszej długości. Po zamontowaniu kratki klapa jest niewidoczna i nie można wizualnie ocenić prawidłowości jej usytuowania

Źródło: Aereco

Podsumowanie

Podsumowując powyższe zalecenia, warto przypomnieć listę najważniejszych zasad towarzyszących montażowi klap:

1. Właściwości użytkowe klap nie są związane wyłącznie z samym produktem, ale z jego zamontowaniem i odpowiednim uszczelnieniem w konkretnej przegrodzie oddzielenia przeciwpożarowego.
2. Badania wykonane przez producenta dla klapy ze ścianą standardową nie upoważniają do montażu w ścianie niestandardowej i odwrotnie, nawet jeśli obie ściany charakteryzują się taką samą grubością i klasyfikacją ogniową.
3. Jedynie producent wyrobu budowlanego ma prawo deklarować właściwości użytkowe – nie może tego robić montażysta.
4. Grubość badanej ściany określona w deklaracji właściwości użytkowych dotyczy zawsze konstrukcji bez tynku czy innych materiałów wykończeniowych. W przypadku ściany o grubości

mniejszej niż badana powiększenie jej grubości za pomocą dodatkowej warstwy tynku czy innych materiałów nie pozwala na montaż klapy.

5. Klasyfikacja ogniowa klapy dotyczy zawsze montażu w przegrodzie w określony sposób według zasad podanych w artykule opublikowanym w RI 1-2/2020 [7]. Zmiana pozycji montażu czy materiału uszczelniającego wymaga od producenta przeprowadzenia dodatkowych badań.
6. Klapy montowane wewnątrz przewodów wentylacyjnych przechodzących przez ściany szachtów instalacyjnych ulegają łatwemu przemieszczeniu po montażu kratki ze zbyt długim króćcem. Przed zamontowaniem kratki należy sprawdzić wolną przestrzeń montażową.

Literatura

1. PN-EN 15650:2010 *Wentylacja budynków. Przeciwpowarowe klapy odcinające montowane w przewodach*
2. PN-EN 1366-2:2015-08 *Badania odporności ogniowej instalacji użytkowych. Część 2: Przeciwpowarowe klapy odcinające*
3. PN-EN 13501-3+A1:2010 *Klasyfikacja ogniowa wyrobów budowlanych i elementów budynków. Część 3: Klasyfikacja na podstawie badań odporności ogniowej wyrobów i elementów stosowanych w instalacjach użytkowych w budynkach: ognioodpornych przewodów wentylacyjnych i przeciwpożarowych klap odcinających*
4. PN-EN 15882-2:2023-02 *Rozszerzone zastosowanie wyników badań odporności ogniowej instalacji użytkowych. Część 2: Przeciwpowarowe klapy odcinające*
5. PN-EN 1363-1:2020-07 *Badania odporności ogniowej. Część 1: Wymagania ogólne*
6. PN-EN 998-2 *Wymagania dotyczące zaprawy do murów. Część 2: Zaprawa murarska*
7. Gasiński Marcin, *Właściwości użytkowe klap przeciwpożarowych odcinających oraz klap odcinających do systemów wentylacji pożarowej*, „Rynek Instalacyjny” 1-2/2020, <https://www.rynekinstalacyjny.pl/artukul/systemy-ppoz/42227,wlasciwosci-uzytkowe-klap-przeciwpozarowych-odcinajacych-oraz-klap-odcinajacych-do-systemow-wentylacji-pozarowej>

Oddymianie klatek schodowych i dobór klap dymowych w świetle nowej normy PN-B-02877-4:2025-07

Każdy wykonawca i instalator systemów oddymiania zna ten scenariusz: w projekcie budowlanym widnieje klapa dymowa o nietypowym wymiarze lub o standardowym gabarycie, ale z przypisaną bardzo wysoką powierzchnią czynną oddymiania. W praktyce takie zapisy mogą ograniczać możliwość doboru rozwiązań dostępnych na rynku i utrudniać wprowadzenie urządzeń zamiennych. Jeszcze do niedawna zastosowanie innego, równoważnego rozwiązania wymagało dodatkowych uzgodnień i szczegółowego uzasadnienia technicznego. Sztywne przepisy utrudniały projektantom akceptację rozwiązań zamiennych, a wykonawców narażały na przestoje. Norma PN-B-02877-4:2025-07 wprowadza podejście, które ułatwia ocenę rozwiązań zamiennych na podstawie ich rzeczywistych parametrów użytkowych. Dzięki temu proces ich akceptacji może przebiegać sprawniej niż dotychczas.

Odpowiednio dobrana klapa dymowa Kera Awak może bez problemu zastąpić urządzenie wskazane w projekcie, a zamiana opiera się na parametrach technicznych, a nie na fizycznych wymiarach produktu.

Wymagana powierzchnia czynna oddymiania to teraz podstawa w projektach

Aby zrozumieć nową elastyczność w zamianie klap dymowych, trzeba oddzielić powierzchnię geometryczną od czynnej. Powierzchnia geometryczna to jedynie fizyczny wymiar otworu, natomiast o realnej skuteczności aerodynamicznej decyduje powierzchnia czynna oddymiania.

Zgodnie z wymogami: dla budynków niskich i średniowysokich wymagana powierzchnia czynna oddymiania klatki schodowej musi wynosić co najmniej 5% jej największego rzutu (nie mniej niż 1,0 m²). W budynkach wysokich wymóg ten rośnie do 7,5% (min. 1,5 m²). Warto pamiętać, że analizie poddaje się tu największy pojedynczy rzut klatki na jednej kondygnacji, nie sumując powierzchni ze wszystkich pięter. Dwie klapy o zupełnie różnych gabarytach mogą zapewniać zbliżoną powierzchnię czynną oddymiania, a urządzenia o identycznych wymiarach mogą różnić się skutecznością działania. Dlatego przy doborze rozwiązań najistotniejsze są parametry techniczne

i osiągnięte wartości powierzchni czynnej oddymiania, a nie sam rozmiar klapy. Oznacza to, że urządzenie z typoszeregu Kera Awak może stanowić pełnowartościowe rozwiązanie zamienne, nawet jeśli jego wymiary różnią się od klapy wskazanej w projekcie.

Pułapka starej normy: koniec z kuciem ścian pod nowe drzwi

Prawdziwa rewolucja dotyczy jednak powietrza kompensacyjnego. Dotychczas obowiązujące wymagania normy PN-B-02877-4:2001 zakładały, że otwory napływu powietrza powinny mieć powierzchnię o 30% większą od sumy geometrycznych powierzchni klap dymowych. Ten rygorystyczny zapis sprawiał, że wielkość drzwi napowietrzających na parterze była sztucznie uzależniona od gabarytu klapy dymowej na dachu. Wybór klapy o większym świetle otworu zmuszał wykonawcę do kucia ścian i powiększania drzwi.



Nowa norma PN-B-02877-4:2025-07 wprowadza w tym obszarze bardziej elastyczne rozwiązanie. Obecnie powierzchnia efektywna otworów napływu zależy wyłącznie od wymaganej powierzchni czynnej oddymiania, a nie od rozmiaru samej klapy dymowej. Dzięki nowym zapisom normy odpowiednio dobrana klapa Kera Awak może zostać zastosowana bez ryzyka konieczności przebudowy stolarki drzwiowej czy okiennej. To nie tylko większa elastyczność projektowa, ale również możliwość ograniczenia kosztów i czasu potrzebnego na realizację inwestycji.

Brakuje powierzchni czynnej? Zastosuj dwie mniejsze klapy

Zdarza się, że wymagana powierzchnia oddymiania jest na tyle duża, że zaspokojenie jej jednym urządzeniem jest technologicznie niemożliwe (największe produkowane klapy osiągają ok. 3 x 3 m).

Nowa norma pozwala na bezproblemowe zastosowanie dwóch lub większej liczby urządzeń, nie narzucając nawet minimalnej odległości między nimi. Sumarycznie muszą one po prostu spełniać wymóg wymaganej powierzchni czynnej oddymiania.

Dla kierownika budowy oznacza to większą elastyczność organizacyjną. W wielu przypadkach łatwiej i szybciej dostępne są standardowe urządzenia niż rozwiązania wykonywane na indywidualne zamówienie. Taka zamiana eliminuje ryzyko długich przestojów, ułatwia transport na dach i daje ogromną swobodę w organizacji prac.

Ręczne przyciski oddymiania (RPO): koniec sporów przy odbiorach strażackich

Kolejnym ułatwieniem podczas odbiorów strażackich jest ostateczne usankcjonowanie wytycznych dotyczących ręcznych przycisków oddymiania (w skrócie RPO). Choć zasady ich rozmieszczenia pojawiały się już wcześniej w różnych opracowaniach branżowych, to brak oparcia w twardych przepisach nierzadko był powodem dyskusji z rzeczoznawcami ds. zabezpieczeń ppoż. Norma PN-B-02877-4:2025-07 ostatecznie to reguluje. Zgodnie z jej zapisami, w budynkach bez pełnego systemu SSP, przyciski oddymiania muszą zostać zamontowane na najniższej i najwyższej kondygnacji nadziemnej oraz dodatkowo na co trzeciej kondygnacji.

Wsparcie przy doborze rozwiązań zamiennych

Wraz z wejściem w życie normy PN-B-02877-4:2025-07 proces stosowania rozwiązań zamiennych stał się bardziej przejrzysty i oparty przede wszystkim na parametrach technicznych urządzeń. Istotne znaczenie ma jednak nie tylko sama norma, ale również prawidłowa analiza dokumentacji projektowej oraz dobór rozwiązania spełniającego wymagania inwestycji.

W tym procesie Kera Awak wspiera wykonawców i projektantów na każdym etapie prac – od analizy dokumentacji, przez dobór odpowiedniej klapy dymowej, aż po przygotowanie materiałów technicznych niezbędnych do przeprowadzenia procedury akceptacji rozwiązania zamiennego. Dzięki temu ocena proponowanego urządzenia może opierać się na konkretnych parametrach technicznych i wymaganiach projektowych.

Dla wykonawcy i kierownika budowy oznacza to możliwość sprawniejszego przeprowadzenia procesu zmiany urządzenia przy zachowaniu wymaganych parametrów bezpieczeństwa. Dodatkowym atutem jest szeroki typoszereg klap dymowych Kera Awak, który pozwala w wielu przypadkach

wykorzystać rozwiązania dostępne w standardowej ofercie, bez konieczności oczekiwania na wykonanie urządzeń o niestandardowych wymiarach.

Klapy dymowe Kera Awak oferują klasę niezawodności Re 1000 przy wymaganym przez normę poziomie Re 50 oraz możliwość integracji z certyfikowanymi systemami sterowania stosowanymi na polskim rynku. Szeroki zakres dostępnych konfiguracji pozwala natomiast dobrać rozwiązanie dopasowane do specyfiki obiektu i wymagań konkretnej inwestycji.

W efekcie zamiana urządzenia wskazanego w projekcie nie musi oznaczać kompromisu pomiędzy bezpieczeństwem, dostępnością a terminem realizacji. Odpowiednio dobrane rozwiązanie Kera Awak pozwala spełnić wymagania projektowe, jednocześnie zapewniając wykonawcy większą elastyczność organizacyjną i sprawniejszą realizację inwestycji.

Kera Awak Sp. z o.o.

ul. Dobieżyńska 56, 64-320 Buk, Polska

tel. +48 61 810 88 39

awak@keragroup.com

www.awak.pl



Zabezpieczenie przeciwpożarowe przewodów wentylacyjnych

Przewody wentylacji bytowej, wraz z izolacją cieplną i akustyczną oraz urządzeniami montowanymi w kanałach, podlegają przepisom z zakresu ochrony przeciwpożarowej. Wymagania dotyczą bezpieczeństwa pożarowego i określają głównie palność i nierozprzestrzenianie ognia przez przewody wentylacyjne i ich izolację.

Rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki [1], w § 267 określa obowiązki w zakresie ochrony przeciwpożarowej w odniesieniu do przewodów wentylacyjnych oraz ich izolacji: *przewody wentylacyjne powinny być wykonane z materiałów niepalnych, a palne izolacje cieplne i akustyczne oraz inne palne okładziny przewodów wentylacyjnych mogą być stosowane tylko na zewnętrznej ich powierzchni w sposób zapewniający nierozprzestrzenianie ognia*. O palności i rozprzestrzenianiu ognia mówią klasy reakcji na ogień (euroklasy) wskazane w normie PN-EN 13501-1 [2] i przywołane w Warunkach Technicznych [1]:

■ klasy podstawowe:

- A1 – klasa najwyższa dla bezpiecznych i niepalnych wyrobów,
- A2, B, C, D, E – klasy dla wyrobów o pogarszających się własnościach ogniowych, w coraz większym stopniu palnych (wyroby niepalne, palne niezapalne, palne trudnozapalne i palne łatwozapalne),
- F – klasa najniższa obejmująca wyroby łatwopalne lub bez badań ogniowych, którym nie stawia się wymagań;

■ **klasy uzupełniające s** (ang. smoke) – ilość i szybkość wytwarzania dymu pod wpływem pożaru (dym mogą wytwarzać zarówno wyroby niepalne w klasie A2, jak i we wszystkich niższych klasach. Wyroby w klasie A1 nie wytwarzają dymu):

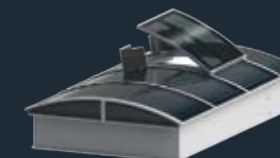
- s1 – niewielkie ilości i intensywność powstawania dymu (prawie bez dymu),
- s2 – średnia ilość i intensywność powstawania dymu,
- s3 – duża ilość i gęstość dymu;

■ **klasy uzupełniające d** (ang. droplets) – intensywność wytwarzania płonących kropli i cząstek przez palący się wyrób (płonące krople i cząstki mogą wytwarzać wyroby palne. Wyroby w klasie A1 i niepalne w klasie A2 nie wytwarzają płonących kropli):

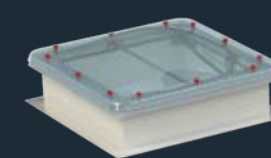
- d0 – brak płonących kropli,
- d1 – niewiele płonących kropli (podobnie do isker z płonącego drewna),
- d2 – bardzo wiele kapiących, płonących kropli i cząstek.



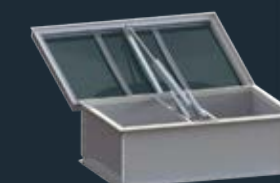
Świetliki dachowe



Pasma świetlne



Wyłazy dachowe



Kłapy dymowe

- ✓ Kompleksowe projektowanie systemów przewietrzania, doświetlania i oddymiania
- ✓ Rewitalizacja istniejących systemów i dostosowanie do najnowszych wymogów
- ✓ Wsparcie na każdym etapie realizacji
- ✓ Polskie produkty z najlepszych komponentów
- ✓ Szybka wycena i sprawna realizacja



Przewody wentylacyjne niepalne

Przewodami niepalnymi są nie tylko przewody metalowe, ale też samonośne kanały wentylacyjne z odpowiednio przygotowanych płyt niepalnych, stosowanych także na okładziny metalowych kanałów wentylacyjnych.

Kanały wentylacyjne samonośne stosowane są jako rozwiązanie lekkie (np. do renowacji budynków, w których nie można nadmiernie obciążać stropów) oraz umożliwiające prefabrykację na placu budowy i dostosowanie kształtu powstałego przewodu do faktycznie dostępnego miejsca na montaż. Z płyt można budować nie tylko kanały, ale także kształtki: kolana, trójniki, redukcje, odsadzki etc. Na budowę kanału dostarczane są „na płasko” (w formie płyt przygotowanych do montażu na budowie), dzięki czemu ich magazynowanie i transport są ekonomiczne. Kanały samonośne montuje się łatwo – krawędzie płyt wyposażone są w łączniki typu wpust-pióro, choć duże wymagania wobec szczelności kanałów sprawiają, że niezbędna jest wysoka kultura pracy wykonawcy. Konieczne są staranne łączenia i zabezpieczenie miejsc połączeń (zarówno podłużnych, jak i poprzecznych) za pomocą montażowych akcesoriów systemowych, takich jak kleje, opaski uszczelniające, zszywki czy szpilki, pręty i gwoździe montażowe. Bardzo ważne jest także prawidłowe zabezpieczenie przejść przez przegrody, np. przez zastosowanie dodatkowych pasów z danej płyty lub systemowego zabezpieczenia z wykorzystaniem masy ogniochronnej.

Najczęściej stosowane w tym celu rozwiązania to płyty z twardej wełny mineralnej (klasa reakcji na ogień A2-s1, d0) z zewnętrzną warstwą zwiększającą szczelność powietrzną i wytrzymałość oraz warstwą wewnętrzną zapewniającą minimalne opory przepływu i higienę czy płyty silikatowo-cementowe (klasa reakcji na ogień A1), które cechują się brakiem wrażliwości na wilgoć i gładką powierzchnią wewnętrzną, nie wymagając więc dodatkowych warstw wykańczających.

Na bezpieczeństwo niepalnych kanałów samonośnych składa się trwałość ich cech w czasie (nie tracą własności ogniochronnych) i stabilny wymiar przekroju podczas pożaru. Bardzo wysoka odporność płyt silikatowo-cementowych na wysoką temperaturę i korozję chemiczną sprawia, że stosowane są one także jako kanały oddymiające, zapewniające odprowadzenie dymu i gorących gazów pożarowych.

Zapisy Warunków Technicznych stanowią też, że z materiałów niepalnych należy wykonywać zamocowania przewodów do elementów budowlanych. W przypadku pożaru zamocowania powinny zapewniać przejście powstającej siły w czasie nie krótszym niż wymagany dla klasy odporności ogniowej przewodu lub kłapy odcinającej [1].

Nierozprzestrzenianie ognia

Zgodnie z Warunkami Technicznymi [1] izolacje zewnętrzne instalacji, w tym wentylacyjnych, uznaje się za **nierozprzestrzeniające ognia** w dwóch przypadkach:

- zarówno izolację, jak i przewód wykonano z wyrobów o klasie reakcji na ogień: A1_L, A2_L-s(1-3), d0 lub B_L-s(1-3), d0 (oznaczenie „L” mówi o tym, że klasa dotyczy instalacji i ich izolacji),
- przewód i izolacja jako nierozłączna całość stanowią wyrób o klasie reakcji na ogień: A1_L, A2_L-s(1-3), d0 lub B_L-s(1-3), d0, a klasa reakcji na ogień warstwy izolacyjnej wynosi co najmniej E (oznaczenie „L” mówi o tym, że klasa dotyczy instalacji i ich izolacji).

Rozprzestrzenianie ognia warunkowane jest zatem zarówno przez podstawową klasę reakcji na ogień (A1, A2 lub B), jak i klasę uzupełniającą d0.

Przewody wentylacyjne w budynkach mieszkalnych

Zapis z § 267 [1] nie obowiązuje w przypadku domów jednorodzinnych stanowiących jeden lokal. Natomiast dla budynków wielorodzinnych, ale też jednorodzinnych z wydzielonymi dwoma lokalami mieszkalnymi lub lokalem mieszkalnym i użytkowym można w obrębie każdego lokalu stosować przewody wentylacyjne o klasie reakcji na ogień co najmniej E. Warunkiem jest jednak zainstalowanie odpowiedniego zabezpieczenia w miejscu przejścia przewodów przez przegrody, które wydzielają ten lokal:

- w budynkach niskich (N) i średniowysokich (SW) – zabezpieczenia ogniochronne o klasie odporności ogniowej co najmniej E I 30;
- w budynkach wysokich (W) i wysokościowych (WW) – przeciwpożarowej kłapy odcinającej o klasie odporności ogniowej co najmniej E I S 60.

Klasy odporności ogniowej określa się pod względem szczelności ogniowej, izolacyjności ogniowej i dymoszczelności (E I S) jako czas, przez który zabezpieczenie zachowuje wymagane parametry [3, 4, 5]:

- E (szczelność ogniowa) – zdolność do zapobiegania przedostaniu się płomieni i gazów na stronę przegrody wolną od pożaru oraz odporność na odkształcenia termiczne;
- I (izolacyjność ogniowa) – zdolność do zachowania temperatury swojej powierzchni po stronie przegrody niemającej kontaktu z ogniem (ograniczenie przyrostu temperatury);
- S (dymoszczelność) – zdolność do zapobiegania przedostawaniu się dymu i gazów pożarowych, niezależnie od ich temperatury.

Zatem w przypadku wymagań określonych w Warunkach Technicznych [1] zabezpieczenie ogniochronne powinno zapewniać szczelność i izolacyjność ogniową przez 30 minut, a kłapa odcinająca – szczelność i izolacyjność ogniową oraz dymoszczelność przez 60 minut.

Przewody wentylacyjne w szachtach

Przewody wentylacyjne mogą być także prowadzone wraz z innymi instalacjami w szachtach instalacyjnych. Za jednoczesną izolację akustyczną i spełnienie wymagań ochrony pożarowej szachtów

mogą odpowiadać specjalne systemy wykonane na bazie ognioodpornych płyt gipsowo-kartonowych (rzadziej gipsowo-wiórowych lub gipsowo-włóknowych). Mogą one mieć klasę reakcji na ogień A2-s1, d0 (nie przyczyniają się do rozwoju pożaru, a w warunkach pożaru rozwiniętego nie zapalają się i nie wydzielają ciepła, dymu ani płonących kropel lub cząstek). Odporność ogniowa całego systemu zabudowy – opisywana jak w przypadku przegród budowlanych przez takie parametry jak nośność ogniowa R, szczelność ogniowa E i izolacyjność ogniowa I – wynosi do (R)E I 120.

Obudowę szachtów instalacyjnych płytami g-k można zbudować w dwóch systemach – z wykorzystaniem konstrukcji nośnych z profili metalowych w różnych wykonaniach lub bez takiej konstrukcji. Wybór konkretnego rozwiązania zależy od: wysokości i szerokości zabudowy (każdy z systemów ma ograniczenia dotyczące maksymalnej wysokości i szerokości zabudowy), wymagań ochrony pożarowej dla zabudowy szachtu oraz dostępności miejsca do zabudowy. Z kolei zachowanie właściwej odporności ogniowej zależy w dużej mierze od prawidłowego wykonania obudowy. Dlatego zaleca się stosowanie rozwiązań systemowych – nie tylko płyt ognioodpornych, ale też właściwych mas lub gipsów szpachlowych, profili konstrukcyjnych, akcesoriów montażowych oraz wypełnień z wełny mineralnej.

Istotnym warunkiem spełnienia wymagań ochrony pożarowej jest zabezpieczenie przepustów – przejść przez stropy (przegrody oddzielenia pożarowego), aby zapobiec przenoszeniu ognia z jednej kondygnacji na drugą [6]. **W miejscu przejścia przewodu wentylacyjnego przez przegrodę** (element oddzielenia pożarowego) należy zapewnić klasę odporności ogniowej pod względem szczelności ogniowej, izolacyjności ogniowej i dymoszczelności (E I S) taką samą jak dla przegrody:

Tabela 1. Definicje określeń palności stosowane w Warunkach Technicznych [1]

Określenia stosowane w Warunkach Technicznych [1]		Klasy reakcji na ogień zgodnie z PN-EN 13501-1 [2]
Niepalne		A1 A2-s1, d0; A2-s2, d0; A2-s3, d0
Palne	niezapalne	A2-s1, d1; A2-s2, d1; A2-s3, d1; A2-s1, d2; A2-s2, d2; A2-s3, d2; B-s1, d0; B-s2, d0; B-s3, d0; B-s1, d1; B-s2, d1; B-s3, d1; B-s1, d2; B-s2, d2; B-s3, d2
	trudno zapalne	C-s1, d0; C-s2, d0; C-s3, d0; C-s1, d1; C-s2, d1; C-s3, d1; C-s1, d2; C-s2, d2; C-s3, d2; D-s1, d0; D-s1, d1; D-s1, d2
	łatwo zapalne	D-s2, d0; D-s3, d0; D-s2, d1; D-s3, d1; D-s2, d2; D-s3, d0; E-d2; E F

§ 234.1. Przepusty instalacyjne w elementach oddzielenia przeciwpożarowego powinny mieć klasę odporności ogniowej (E I) wymaganą dla tych elementów [1].

Ochrona ppoż. elementów instalacji wentylacyjnej

Wymagania bezpieczeństwa pożarowego dotyczą także innych elementów instalacji wentylacyjnej, związanych bezpośrednio z kanałami. Z materiałów niepalnych należy wykonywać zamocowania przewodów do elementów budowlanych. W przypadku pożaru zamocowania powinny zapewniać przejście powstającej siły w czasie nie krótszym niż wymagany dla klasy odporności ogniowej przewodu (lub, jeśli dotyczy, klapy odcinające) [1].

Natomiast połączenia elastyczne łączące sztywne przewody wentylacyjne z elementami instalacji lub urządzeniami mogą mieć długość maks. 4 m – z wyjątkiem podłączeń elastycznych wentylatorów, które nie mogą być dłuższe niż 0,25 m. Podłączenia takie muszą być wykonane co najmniej z materiałów trudno zapalnych (por. tabela 1). Odcinki przewodów elastycznych nie powinny być prowadzone przez elementy oddzielenia przeciwpożarowego [1].

jr

Literatura

1. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (t.j. DzU 2022 poz. 1225)

2. PN-EN 13501-1 *Klasyfikacja ogniowa wyrobów budowlanych i elementów budynków. Część 1: Klasyfikacja na podstawie badań reakcji na ogień*

3. PN-EN 15650 *Wentylacja budynków. Przeciwpożarowe klapy odcinające montowane w przewodach*

4. PN-EN 13501-3 *Klasyfikacja ogniowa wyrobów budowlanych i elementów budynków. Część 3: Klasyfikacja na podstawie wyników badań odporności ogniowej wyrobów i elementów stosowanych w instalacjach użytkowych w budynkach: ognioodpornych przewodów wentylacyjnych i przeciwpożarowych klap odcinających*

5. PN-EN 1366-2 *Badania odporności ogniowej instalacji użytkowych. Część 2: Przeciwpożarowe klapy odcinające*

6. PN-EN 1366-3 *Badania odporności ogniowej instalacji użytkowych. Część 3: Uszczelnienia przejść instalacyjnych*

7. Materiały techniczne firm Paroc, Promat, Rockwool, Siniat, Ursa

Nowoczesne podejście do ochrony przeciwpożarowej instalacji wentylacyjnych

Bezpieczeństwo pożarowe współczesnych budynków to nie tylko ochrona konstrukcji przed działaniem ognia, ale przede wszystkim zapewnienie bezpieczeństwa użytkowników. W praktyce oznacza to konieczność ochrony przed najgroźniejszym czynnikiem pożaru – dymem. To właśnie dym rozprzestrzenia się najszybciej i stanowi największe zagrożenie dla życia ludzi.

Współczesne budynki wyposażane są w coraz większą liczbę zaawansowanych systemów i instalacji technicznych. Instalacja wodna, kanalizacyjna, wentylacyjna, oddymianie, klimatyzacja, ogrzewanie, instalacja elektryczna, teletechnika, oświetlenie awaryjne, systemy sygnalizacji pożarowej, dźwiękowy system ostrzegawczy, stałe urządzenia gaśnicze itd. itp. Są one ukrywane przed wzrokiem użytkowników w szachtach instalacyjnych, pod podłogami technicznymi, ponad sufitami podwieszanymi, w pomieszczeniach i na kondygnacjach technicznych. Do systemów zajmujących najwięcej przestrzeni technicznej w budynku należą instalacje wentylacyjne.

Projektanci i wykonawcy muszą często pogodzić wymagania, które pozornie się wykluczają: dużą liczbę instalacji, ograniczoną przestrzeń montażową, konieczność spełnienia wymagań przepisów i norm, zapewnienie dostępu serwisowego oraz oczekiwania inwestora, w tym także dotyczące estetyki. Newralgicznym punktem są miejsca, w których instalacje przechodzą przez granice stref pożarowych.

Warto przypomnieć, gdzie i po co stosuje się przeciwpożarowe klapy odcinające. Budynki – zależnie od swojej funkcji i wielkości – mogą być podzielone na strefy pożarowe, zaś granicami tych stref są ściany i stropy oddzielenia przeciwpożarowego. Ideą wprowadzenia tego podziału jest umożliwienie użytkownikom bezpiecznej ewakuacji z zagrożonej strefy w razie pożaru oraz powstrzymanie rozprzestrzeniania się powstałego pożaru poza zagrożoną strefę przez określony czas. Otóż wszędzie tam, gdzie instaluje się „przewody wentylacyjne i klimatyzacyjne w miejscu przejścia przez elementy oddzielenia przeciwpożarowego”, należy zastosować „przeciwpożarowe klapy odcinające o klasie odporności ogniowej równej klasie odporności ogniowej elementu oddzielenia przeciwpożarowego z uwagi na szczelność ogniową, izolacyjność ogniową i dymoszczelność (E I S)...”. Zatem klapy przeciwpożarowe odtwarzają ciągłość przegród przeciwpożarowych naruszoną poprzez montaż instalacji wentylacyjnej. Aby jednak tak się stało, klapy muszą być we właściwy sposób dobrane i zamontowane.

Warto przy tym podkreślić, że klasa odporności ogniowej klapy nie odnosi się wyłącznie do samego urządzenia, ale do całego rozwiązania – obejmującego klapę, przegrodę oraz sposób

montażu. Przede wszystkim należy pamiętać, że przeciwpożarowe klapy odcinające do instalacji wentylacyjnych muszą spełniać restrykcyjne wymagania europejskiej normy zharmonizowanej EN 15650. Przed wprowadzeniem do obrotu muszą zostać poddane badaniom zgodnie z normą EN 1366-2 w notyfikowanej jednostce badawczej. Proces oceny obejmuje między innymi badania samego wyrobu, ocenę i nadzór nad zakładową kontrolą produkcji oraz pełnoskalowe badania ogniowe prowadzone w skali 1:1.

Równolegle do rosnącej złożoności projektów obserwujemy wzrost kosztów pracy oraz coraz większą presję na skracanie czasu realizacji inwestycji. W takich warunkach szczególnie ważne staje się ograniczenie liczby operacji montażowych i uproszczenie procesu instalacji.

Spełnienie wymagań ochrony przeciwpożarowej jest jednym z najważniejszych elementów procesu inwestycyjnego. Nie może ono jednak stanowić bariery dla realizacji nowych obiektów ani modernizacji istniejących budynków. Dlatego współczesne podejście do ochrony pożarowej coraz częściej opiera się na rozwiązaniach aktywnych, współpracujących z systemami wykrywania dymu i automatyką budynkową a jednocześnie przyjaznych projektantowi i instalatorowi.

W odpowiedzi na opisane wyzwania producenci rozwijają rozwiązania, które oprócz spełnienia wymagań ochrony przeciwpożarowej upraszczają również proces projektowania i montażu. Przykładem takiego podejścia są klapy przeciwpożarowe FNC1U oraz EKOSRBG1/SRBG2.



Rozwiązania takie jak EKOSRBG zostały opracowane z myślą o rynku skandynawskim, gdzie szczególny nacisk kładzie się na prostotę i szybkość montażu oraz ograniczenie liczby czynności wykonywanych na budowie. Jak podkreślają producenci tych rozwiązań: „prawidłowy montaż powinien być łatwy”.

Klapy te wyposażone są w siłowniki elektryczne ze sprężyną powrotną. W połączeniu z systemem wykrywania dymu oznacza to możliwość zamknięcia klapy i odcięcia strefy pożarowej już na bardzo wczesnym etapie pożaru – znacznie wcześniej niż w przypadku klasycznych klap działających wyłącznie na podstawie wyzwalania temperaturowego. Pozwala to ograniczyć rozprzestrzenianie się dymu za pośrednictwem instalacji wentylacyjnej. Jest to szczególnie istotne, ponieważ to właśnie dym stanowi największe zagrożenie dla osób przebywających w budynku objętym pożarem.

Norma EN 1366-2 stwierdza, że: minimalna odległość pomiędzy dwiema lub większą liczbą klap przeciwpożarowych zainstalowanych na tym samym wsporniku (ścianie/stropie) wynosi 200 mm, minimalna odległość pomiędzy każdą klapą przeciwpożarową a podłogą, sufitem lub ścianką wynosi 75 mm, **jeśli żadne szczegółowe testy nie zostały przeprowadzone przez producenta.**

Odległości te są mierzone od korpusu klapy, zatem nie mają na nie wpływu rozmiary zewnętrznych części mechanizmów sterujących lub ramek przyłączeniowych. W przypadku klap FNC1U odległość ta może zostać zmniejszona do 100 mm.

W określonych przypadkach możliwe jest również zamontowanie klap poza przegrodą – w odległości do 1 metra – przy zastosowaniu odpowiednio zabezpieczonego odcinka kanału. Dzięki ta-

kiej możliwości zmniejsza się ryzyko kolizji pomiędzy różnymi instalacjami i urządzeniami znajdującymi się w tej samej przestrzeni montażowej. W niektórych sytuacjach wymuszonych np. konfiguracją ścian – instalacja klapy poza przegrodą jest jedyną możliwością.

Klapy FNC1U oraz SRBG nie wymagają zamurowania w ścianie ani stropie, co eliminuje prace mokre i znacząco skraca czas instalacji. W praktyce oznacza to, że kanały

wentylacyjne mogą zostać zamontowane wcześniej, a klapę instaluje się później poprzez proste połączenie z kanałem. Do montażu wykorzystuje się jedynie zintegrowane uchwyty montażowe oraz masę przeciwpożarową nakładaną wokół kanału w miejscu instalacji klapy. Dzięki temu dostawa klap nie wstrzymuje prac instalacyjnych.



Dodatkowo instalator wykonuje montaż z jednej strony przegrody. W tym samym czasie w pomieszczeniu sąsiednim może pracować inna ekipa, co znacząco ułatwia koordynację robót i skraca harmonogram inwestycji.

Zastosowanie uproszczonej procedury montażu, wyposażenie klap w dedykowane uchwyty montażowe, brak konieczności stosowania specjalistycznych narzędzi znacząco zmniejszają prawdopodobieństwo popełnienia błędu przez instalatora, co z jednej strony ułatwia jego pracę, a z drugiej podnosi niezawodność wybranego rozwiązania.

Rosnąca złożoność budynków, presja czasu oraz wymagania w zakresie bezpieczeństwa pożarowego sprawiają, że konieczne jest stosowanie nowoczesnych, zoptymalizowanych rozwiązań. Klapy takie jak FNC1U oraz EKOSRBG1 / SRBG2 stanowią przykład podejścia, które łączy wysoką skuteczność działania z prostotą projektowania i montażu.

Dzięki możliwości integracji z systemami detekcji dymu, uproszczonej procedurze montażu oraz dużej elastyczności zastosowania rozwiązania te odpowiadają na rzeczywiste potrzeby współczesnego budownictwa, wspierając wszystkie etapy procesu inwestycyjnego – od projektu, przez wykonawstwo, aż po użytkownika końcowego.



LINDAB SP. Z O.O.

Wieruchów, ul. Sochaczewska 144

05-850 Ożarów Mazowiecki

tel. +48 22 250 50 50, fax +48 22 250 50 60

kontakt@lindab.com, www.lindab-polska.pl



Bezpieczeństwo pożarowe magazynów energii, garaży i pojazdów elektrycznych

Samochody elektryczne i domowe magazyny energii elektrycznej mogą wkrótce stać się standardem w gospodarstwach domowych. Wymaga to m.in. zmian w przepisach budowlanych z wymaganiami nie tylko dla instalacji elektrycznych oraz magazynów energii w budynkach, lecz także dla miejsc postojowych i ładowania, zwłaszcza w budynkach wielorodzinnych i użyteczności publicznej, biurowych i handlowych. W przestrzeni publicznej pojawiają się informacje eksponujące zagrożenia dla bezpieczeństwa pożarowego i podważające korzyści z nowych technologii. Oficjalne dane tworzą zupełnie inny obraz pożarów pojazdów elektrycznych, a przegląd literatury fachowej i naukowej pokazuje, jak intensywnie i szeroko są prowadzone badania i wdrażane rozwiązania zwiększające tak efektywność, jak i bezpieczeństwo użytkowania tych technologii, także w zakresie wpływającym na bezpieczeństwo pożarowe budynków, garaży i magazynów energii.

Projekt rozporządzenia w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich sytuowania z dnia 9 czerwca 2025 r. [2] zawiera m.in. *Rozdział 12 Warunki instalowania magazynów energii*. Zapisano w nim propozycje nowych wymagań i obowiązków dla magazynów energii. Niektóre z nich zostały poddane krytyce z uwagi na wygórowane wymagania, zwłaszcza dla magazynów energii w domach jednorodzinnych. Ponadto w mediach pojawiają się często doniesienia o pożarach samochodów elektrycznych, co mogłoby świadczyć o bardzo dużej liczbie takich pożarów. Natomiast dane Państwowej Straży Pożarnej mówią, że auta elektryczne palą się rzadziej niż spalinowe [4]. Sugerowane są też duże utrudnienia w gaszeniu tych pojazdów w garażach, ale pomija się to, że to dotyczy tak pojazdów spalinowych, jak i elektrycznych, a wiele zależy od tego, jaki jest system detekcji i wykrywania pożaru, czy jest on serwisowany i sprawny, czy są zastosowane wydzielone miejsca dla ładowania samochodów elektrycznych, czy zastosowano dla nich dodatkowe technologie ochrony, jak np. instalacje mgły wodnej, a zwłaszcza jaka jest wentylacja danego garażu i system powiadamiania służb ratowniczych.

To skłoniło redakcję do przejrzania literatury na temat stanu i perspektyw rozwoju technologii zapobiegania i wykrywania niekontrolowanych wzrostów temperatury w akumulatorach stosowanych w pojazdach oraz magazynach energii. Gdyż to zjawisko jest wskazywane jako główna

przyczyna awarii, zapłonu i pożarów zarówno samochodów elektrycznych, jak i magazynów energii elektrycznej. Zadanie to ułatwiło specjalne wydanie „World Electric Vehicle Journal” pt. *Lithium-Ion Battery Diagnosis: Health and Safety* (Diagnostyka baterii litowo-jonowych: zdrowie i bezpieczeństwo), w MDPI – czyli u wiodącego na świecie wydawcy publikacji w otwartym dostępie [2]. Wśród zamieszczonych w tym wydaniu specjalnym 10 artykułów, szczególną uwagę zwraca praca omawiająca postęp badań nad metodami ostrzegania przed niekontrolowanym wzrostem temperatury i technologiami gaszenia pożarów w akumulatorach litowo-jonowych [1]. Autorzy dokonali bardzo obszernego przeglądu literatury obejmującego ponad 100 publikacji. Poniżej zawarto najważniejsze, naszym zdaniem, informacje o aktualnej wiedzy, postępie technologicznym oraz prowadzonych badaniach i kierunkach rozwoju technologii, a także narzędzi i technologii identyfikujących i zapobiegających niekontrolowanemu wzrostowi temperatury w akumulatorach litowo-jonowych stosowanych w pojazdach i magazynach energii.

Autorzy tego artykułu [1] podkreślają, że akumulatory litowo-jonowe stosowane w pojazdach i magazynach energii mają wysoką gęstość energetyczną, co wiąże się z ryzykiem niekontrolowanego wzrostu temperatury. Niemniej jednak ta technologia jest i będzie jeszcze długo wykorzystywana i dlatego stale są prowadzone badania nad strategiami wczesnego ostrzegania i zapobiegania pożarom oraz ich gaszeniem. Pożary akumulatorów zazwyczaj poprzedza zjawisko wydzielania się palnych i toksycznych gazów w wyniku przegrzewania się ogniw, zanim jeszcze pojawi się ogień lub dym. Natomiast bardzo gwałtowne reakcje mogą zachodzić w wyniku znacznego uszkodzenia mechanicznego. Najskuteczniejszą metodą wczesnego wykrywania zagrożenia jest monitorowanie stężenia gazów i temperatury. Specjalistyczne systemy detekcji gazów magazynów energii wykorzystują m.in. sensory elektrochemiczne wykrywające pojawienie się gazów na etapie, gdy pożar jeszcze się nie rozwinął. Ponadto systemy wyposaża się w tradycyjne rozwiązania wczesnego ostrzegania – czujniki temperatury i dymu. Te informują już o rozwoju zagrożenia.

Niestety zakres skutecznych i możliwych do zastosowania technologii gaszenia jest ograniczony, a najskuteczniejsze jest przerwanie procesu ucieczki termicznej, czyli samopodtrzymującej się, gwałtownej reakcji chemicznej wewnątrz ogniwa, poprzez zastosowanie bardzo intensywnego chłodzenia oraz ograniczania dostępności tlenu, tak aby temperatura nie uszkodziła sąsiednich ogniw i nie doszło do reakcji łańcuchowej. We wstępie autorzy [1] wskazują, że nie ma uniwersalnych technik zapobiegania rozwojowi i uniwersalnego środka gaszenia takich pożarów, gdyż stosowane różne konstrukcje konstrukcje baterii w pojazdach oraz magazynach energii.

Dlatego projektowanie systemów ochrony przeciwpożarowej wymaga podejścia indywidualnego. Wśród środków gaśniczych mamy: hydrożele, ciekły azot, proszki gaśnicze, wodną dyspersję wermikulitu, a także środki gaśnicze na bazie gazów obojętnych dla środowiska. Prowadzone są również badania nad nowymi ognioodpornymi powłokami akumulatorów. Prowadzone są też

prace nad skutecznością systemów detekcji pożaru (gazowa, termiczna, w tym termowizja) i technik wczesnego ostrzegania. Wśród tych technologii wyróżniają się systemy wysokociśnieniowej mgły wodnej skuteczne w chłodzeniu i ograniczaniu rozprzestrzeniania się pożaru w magazynach energii oraz wodna dyspersja wermikulitu, która ogranicza dostępność tlenu oraz izoluje płonące ogniwa, co pomaga w ograniczaniu rozwoju pożaru. Pożarom magazynów energii towarzyszy emisja toksycznych i wybuchowych gazów. Dlatego ważne jest projektowanie systemów wentylacji i rozwiązań dekompresyjnych, aby minimalizować ryzyko eksplozji w zamkniętych przestrzeniach.

Zatem systemy magazynowania energii oraz akumulatorów w pojazdach wymagają technologii monitorowania ich parametrów pracy i wczesnego wykrywania anomalii w celu zapobiegania awariom.

Przyczyny pożarów

Autorzy [1] zwracają uwagę, że pożary magazynów energii i pojazdów elektrycznych zasilanych z baterii litowo-jonowych należą do najbardziej złożonych pod względem przyczyn, ich rozwoju i braku jednej metody gaszenia. Obejmują praktycznie jednocześnie wiele klas pożarów charakterystycznych dla różnych materiałów, substancji, paliw i urządzeń:

- stałych palnych, jak np. drewno, które po osiągnięciu punktu zapłonu uwalniają gazy palne, spalające się w obecności tlenu, powodując dalsze rozprzestrzenianie się ognia,
- łatwopalnych cieczy, jak np. benzyna, które odparowują w temperaturze otoczenia i po zetknięciu ze źródłem zapłonu następuje gwałtowne spalanie lub wybuch oparów,
- gazów łatwopalnych i tworzących mieszaniny wybuchowe, jak np. metan, gdy wybuch powoduje szybkie rozprzestrzenienie się pożaru,
- akumulatorów, w których dochodzi do przegrzania spowodowanego przeładowaniem, zwarcie lub uszkodzeniem fizycznym i następstwem tego jest niekontrolowany wzrost temperatury z rozkładem elektrolitu i reakcjami między elektrodami, w wyniku których uwalniają się łatwopalne gazy i ciepło, powodujące po kontakcie z tlenem zapłon.

Z tych powodów badania nad tymi pożarami prowadzone są w zakresie ognioodporności baterii, technologii wczesnego wykrywania i ostrzegania oraz technologiom zapobiegania. Dużo uwagi zajmuje w nich analiza przyczyn niekontrolowanego wzrostu temperatury, czyli skutków uszkodzeń mechanicznych, elektrycznych, termicznych oraz typowe zwarcia wewnętrzne. W zakresie wczesnego ostrzegania przed niekontrolowanym wzrostem temperatury bada się i doskonali technologie pomiaru w ogniwach temperatury, detekcji gazów, a nawet pomiaru ultradźwięków oraz analizy tych danych i wdrażania uczenia maszynowego. Są prowadzone także badania nad nowymi środkami gaśniczymi oraz ich skutecznością w różnych zastosowaniach.

Autorzy [1] wskazują, że wprowadzenie postępowania według zaleceń producentów w zakresie pracy i przechowywania akumulatorów litowo-jonowych sprawia, że ryzyko ich zapłonu jest niewielkie i wynosi 1 na dziesiątki milionów, to przeładowanie, przeciążenie, wysokie temperatury zewnętrzne i uszkodzenia mechaniczne są najczęstszymi przyczynami wzrostu ryzyka awarii.

Opisywane w prasie przypadki pożarów akumulatorów litowo-jonowych, które doprowadziły do poważnych skutków i szkód, powodowały intensyfikację tych badań. W ich wyniku wydzielono kilkanaście grup przyczyn, a ryzyko ich wystąpienia jest największe podczas intensywnego ładowania i przeciążania akumulatorów, gdyż powoduje to gwałtowne reakcje pomiędzy elektrolitem i elektrodami. Kolejne przyczyny to uszkodzenia mechaniczne podczas intensywnej eksploatacji (np. wibracje, luzowanie połączeń i zwarcia, szybkie zmiany temperatury i zjawisko rozszerzalności termicznej oraz naprężeń). Jest też spore ryzyko podczas wypadków i kolizji pojazdów. Zwarcia wewnętrzne są następstwem nadużycia mechanicznego pojazdów i wad fabrycznych. Przeciążenie elektryczne (przeładowanie i nadmierne rozładowanie) jest głównym czynnikiem prowadzącym do niekontrolowanego wzrostu temperatury. **W nowszych generacjach akumulatorów ich monitorowanie pod tym względem jest znacznie większe i nie ma możliwości ominięcia tych zabezpieczeń, co przekłada się na zauważalny spadek liczby pożarów pojazdów z tego powodu.** Poprawa bezpieczeństwa wynika też ze stosowania lepszych technologii gromadzenia danych i doskonalenia algorytmów działania. Praca akumulatorów w gorącym klimacie lub podczas ekstremalnych warunków jazdy, takich jak gwałtowne przyspieszanie lub podjazdy w górach, to kolejne zagrożenie i jest ono redukowane wspomnianymi technologiami monitorowania danych oraz doskonalenia rozwiązań umożliwiających większe odprowadzanie ciepła.

Technologie wczesnego ostrzegania

Autorzy [1] podkreślają, że ostrzeganie przed niekontrolowanym wzrostem temperatury to podstawowe narzędzie wydłużenia żywotności oraz zapewnienia bezpieczeństwa pożarowego akumulatorów. System ostrzegawczy powinien monitorować ich stan w czasie rzeczywistym i natychmiast reagować na nietypowe dane i zjawiska. Taki system musi mieć wysoką czułość i możliwość wykrywania zmian temperatury wewnętrznej oraz wahań stężenia gazu w czasie rzeczywistym, tak aby możliwe było podejmowanie odpowiedniego działania na jak najwcześniejszym etapie. Zastosowane w nim czujniki muszą być rozmieszczone w newralgicznych miejscach, powinny być stabilne i odporne na zakłócenia. System powinien przetwarzać oraz analizować duże ilości danych według zaawansowanych algorytmów oraz ograniczać fałszywe alarmy, a zarazem ryzyko przecenienia symptomów zagrożenia. Ponadto powinien być skalowalny i kompatybilny z systemem zarządzania bateriami (Battery Management Systems), a w przypadku magazynów także z systemami

zarządzania obiektów i budynków (Building Management System). Systemy powinny być otwarte na doskonalenie i modyfikacje.

Kluczowe znaczenie w zarządzaniu bezpieczeństwem akumulatorów ma **detekcja temperatury** i jej zmian w czasie rzeczywistym. Zastosowanie tu mają technologie takie jak termopary (czujniki termoelektryczne), czujniki temperatury rezystancyjne, termistory, czujniki podczerwieni oraz termografia i czujniki światłowodowe (sensory optyczne). Umożliwiają one dokładny pomiar temperatury powierzchni i wnętrza za pomocą metod kontaktowych lub bezkontaktowych. Technologie te różnią się zakresem pomiarowym, szybkością reakcji oraz wrażliwością na warunki pracy i zakłócenia.

Niekontrolowany wzrost temperatury w akumulatorach litowo-jonowych powoduje parowanie rozpuszczalnika elektrolitu oraz wytwarzanie gazu i wzrost ciśnienia wewnętrznego, co aktywuje zawór bezpieczeństwa lub powoduje pęknięcia obudowy, uwalniając łatwopalne gazy. Z tych powodów **technologie detekcji i monitorowania stężenia gazów** zyskują na znaczeniu w zapewnianiu bezpieczeństwa eksploatacji akumulatorów. Przegrzane baterie uwalniają określone gazy, takie jak CO, H₂, CO₂ i węglowodory. Monitorowanie danego gazu, a zwłaszcza wodoru (który uwalnia się jako pierwszy podczas anomalii) i CO₂ daje wczesny sygnał o ryzyku zwarcia lub niekontrolowanego wzrostu temperatury. Monitorowanie tylko pojedynczego gazu nie zawsze daje możliwość dokładnej identyfikacji usterki spośród wielu potencjalnych możliwości. Dlatego prowadzi się badania strategii łącznego monitorowania wspomnianych gazów. Bieżąca analiza ich zmian stężeń z wykorzystaniem doskonalonych algorytmów zwiększa dokładność i niezawodność wykrywania usterek i oceny ryzyka niekontrolowanego wzrostu temperatury.

W badaniach wczesnego ostrzegania przed niekontrolowanym wzrostem temperatury korzysta się też z **technologii ultradźwiękowych** powyżej 20 kHz, których fale charakteryzują się wysoką energią, silną penetracją, dobrą kierunkowością, wysoką czułością i szybką propagacją. Propagacja ultradźwięków w ciałach stałych, cieczach i gazach pozwala na ocenę warunków pracy baterii przydatnych w analizie rozmieszczenia elektrolitu i wykrywaniu osadów litu, które są częstym zaczątkiem procesów prowadzących do niekontrolowanego wzrostu temperatury. Ta technologia ma duży potencjał, gdyż połączenie różnych technik ultradźwiękowych daje możliwość wykrywania i monitorowania nieprawidłowego zachowania baterii litowo-jonowych w warunkach przeładowania i precyzyjnie lokalizuje miejsca reakcji, dając skuteczne rozwiązanie wczesnej eliminacji zagrożenia. Analiza sygnałów ultradźwiękowych pozwala także ocenić stan akumulatora dla celu optymalizacji strategii zarządzania nim, co ma szczególne znaczenie w magazynach energii.

Prowadzi się też badania nad wysokiej precyzji czujnikami stale **rejestrującymi parametry prądu i napięcia akumulatora** podczas ładowania i rozładowywania w celu identyfikacji ich wahań, co wskazuje na niestabilne wewnętrzne reakcje chemiczne. Analiza takich danych w czasie

rzeczywistym, w przypadku przekroczenia pewnych progów, jest podstawą do alertu o zagrożeniu niekontrolowanego wzrostu temperatury. Kolejna technologia to **monitorowanie ciśnienia** – przeładowanie, zwarcie lub wysoka temperatura mogą powodować znaczne zmiany ciśnienia z powodu generowania gazów. Czujniki ciśnienia przekazują dane w czasie rzeczywistym, a alerty są generowane przy określonych progach ciśnienia. Kalibrację tego narzędzia utrudnia jednak mnogość różnej budowy akumulatorów.

Są też badane technologie pomiarów **zmiany rezystancji wewnętrznej**, które pomagają w ocenie wydajności baterii, a także wykrywaniu anomalii takich jak osadzanie się litu lub rozkład elektrolitu. Charakterystyki impedancji w czasie rzeczywistym mogą być podstawą do wykrywania potencjalnego zagrożenia, a rozwiązania tradycyjne, które monitorują jedynie napięcie i temperaturę powierzchni, są niewystarczające do identyfikacji potencjalnych awarii oraz ryzyka niekontrolowanego wzrostu temperatury.

Kolejna technologia badana dla potrzeb wykrywania ryzyka to **detektory gazów szkodliwych i dymu** uwalnianych podczas niekontrolowanego wzrostu temperatury. Jeśli ich stężenie przekroczy progi bezpieczeństwa, system natychmiast wysyła alerty, aby zapewnić szybką reakcję i bezpieczeństwo środowiska oraz personelu. W tej technologii liczy się to, jak niskie stężenia cząstek dymu są wykrywane, a ich czułość to 1–5 PPM.

Autorzy [1] dokonali zestawienia technologii wczesnego ostrzegania o anomaliiach i ryzyka niekontrolowanego wzrostu temperatury w akumulatorach litowo-jonowych m.in. pod względem ich dokładności i zakresu stosowania oraz kosztów.

Technologie gaszenia pożarów

Z przeglądu dokonanego przez autorów [1] wynika, że znaczna część obecnie dostępnych środków gaśniczych niewystarczająco tłumi niekontrolowane rozprzestrzenianie się ciepła i nawet po wytłumieniu ognia dochodzi do ponownego zapłonu. W badaniach nad środkami tłumienia niekontrolowanego rozprzestrzeniania się ciepła sięga się po te, które skutecznie sparują źródło termicznie i ograniczają dostęp pożaru do tlenu. Na razie nie ma w pełni skutecznej technologii całkowitego wyeliminowania ryzyka niekontrolowanego rozprzestrzeniania się ciepła. Co więcej wymagania środowiskowe ograniczają stosowanie środków o wysokim GWP (Global Warming Potential).

Jednym z głównych kierunków badań nad środkami gaśniczymi są **hydrożele** składające się z wody oraz dodatków nietoksycznych i biodegradowalnych, takich które nie pozostawiają szkodliwych pozostałości i które można usunąć po pożarze. Taki środek gaśniczy działa poprzez schładzanie oraz izolację źródła – szybko pochłania ciepło i tym samym obniża temperaturę powierzchni akumulatora. Wysoka zawartość wody w hydrożelach umożliwia szybkie rozpraszanie ciepła, co zapobiega samozapłonem kolejnych ogniw oraz wybuchom powstających gazów. Hydrożele na tyle

Bezpieczeństwo pożarowe magazynów energii, garaży i pojazdów elektrycznych

Samochody elektryczne i domowe magazyny energii elektrycznej mogą wkrótce stać się standardem w gospodarstwach domowych. Wymaga to m.in. zmian w przepisach budowlanych z wymaganiami nie tylko dla instalacji elektrycznych oraz magazynów energii w budynkach, lecz także dla miejsc postojowych i ładowania, zwłaszcza w budynkach wielorodzinnych i użyteczności publicznej, biurowych i handlowych. W przestrzeni publicznej pojawiają się informacje eksponujące zagrożenia dla bezpieczeństwa pożarowego i podważające korzyści z nowych technologii. Oficjalne dane tworzą zupełnie inny obraz pożarów pojazdów elektrycznych, a przegląd literatury fachowej i naukowej pokazuje, jak intensywnie i szeroko są prowadzone badania i wdrażane rozwiązania zwiększające tak efektywność, jak i bezpieczeństwo użytkowania tych technologii, także w zakresie wpływającym na bezpieczeństwo pożarowe budynków, garaży i magazynów energii.

Projekt rozporządzenia w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich sytuowania z dnia 9 czerwca 2025 r. [2] zawiera m.in. *Rozdział 12 Warunki instalowania magazynów energii*. Zapisano w nim propozycje nowych wymagań i obowiązków dla magazynów energii. Niektóre z nich zostały poddane krytyce z uwagi na wygórowane wymagania, zwłaszcza dla magazynów energii w domach jednorodzinnych. Ponadto w mediach pojawiają się często doniesienia o pożarach samochodów elektrycznych, co mogłoby świadczyć o bardzo dużej liczbie takich pożarów. Natomiast dane Państwowej Straży Pożarnej mówią, że auta elektryczne palą się rzadziej niż spalinowe [4]. Sugerowane są też duże utrudnienia w gaszeniu tych pojazdów w garażach, ale pomija się to, że to dotyczy tak pojazdów spalinowych, jak i elektrycznych, a wiele zależy od tego, jaki jest system detekcji i wykrywania pożaru, czy jest on serwisowany i sprawny, czy są zastosowane wydzielone miejsca dla ładowania samochodów elektrycznych, czy zastosowano dla nich dodatkowe technologie ochrony, jak np. instalacje mgły wodnej, a zwłaszcza jaka jest wentylacja danego garażu i system powiadamiania służb ratowniczych.

To skłoniło redakcję do przejrzania literatury na temat stanu i perspektyw rozwoju technologii zapobiegania i wykrywania niekontrolowanych wzrostów temperatury w akumulatorach stosowanych w pojazdach oraz magazynach energii. Gdyż to zjawisko jest wskazywane jako główna

przyczyna awarii, zapłonu i pożarów zarówno samochodów elektrycznych, jak i magazynów energii elektrycznej. Zadanie to ułatwiło specjalne wydanie „World Electric Vehicle Journal” pt. *Lithium-Ion Battery Diagnosis: Health and Safety* (Diagnostyka baterii litowo-jonowych: zdrowie i bezpieczeństwo), w MDPI – czyli u wiodącego na świecie wydawcy publikacji w otwartym dostępie [2]. Wśród zamieszczonych w tym wydaniu specjalnym 10 artykułów, szczególną uwagę zwraca praca omawiająca postęp badań nad metodami ostrzegania przed niekontrolowanym wzrostem temperatury i technologiami gaszenia pożarów w akumulatorach litowo-jonowych [1]. Autorzy dokonali bardzo obszernego przeglądu literatury obejmującego ponad 100 publikacji. Poniżej zawarto najważniejsze, naszym zdaniem, informacje o aktualnej wiedzy, postępie technologicznym oraz prowadzonych badaniach i kierunkach rozwoju technologii, a także narzędzi i technologii identyfikujących i zapobiegających niekontrolowanemu wzrostowi temperatury w akumulatorach litowo-jonowych stosowanych w pojazdach i magazynach energii.

Autorzy tego artykułu [1] podkreślają, że akumulatory litowo-jonowe stosowane w pojazdach i magazynach energii mają wysoką gęstość energetyczną, co wiąże się z ryzykiem niekontrolowanego wzrostu temperatury. Niemniej jednak ta technologia jest i będzie jeszcze długo wykorzystywana i dlatego stale są prowadzone badania nad strategiami wczesnego ostrzegania i zapobiegania pożarom oraz ich gaszeniem. Pożary akumulatorów zazwyczaj poprzedza zjawisko wydzielania się palnych i toksycznych gazów w wyniku przegrzewania się ogniw, zanim jeszcze pojawi się ogień lub dym. Natomiast bardzo gwałtowne reakcje mogą zachodzić w wyniku znacznego uszkodzenia mechanicznego. Najskuteczniejszą metodą wczesnego wykrywania zagrożenia jest monitorowanie stężenia gazów i temperatury. Specjalistyczne systemy detekcji gazów magazynów energii wykorzystują m.in. sensory elektrochemiczne wykrywające pojawienie się gazów na etapie, gdy pożar jeszcze się nie rozwinął. Ponadto systemy wyposaża się w tradycyjne rozwiązania wczesnego ostrzegania – czujniki temperatury i dymu. Te informują już o rozwoju zagrożenia.

Niestety zakres skutecznych i możliwych do zastosowania technologii gaszenia jest ograniczony, a najskuteczniejsze jest przerwanie procesu ucieczki termicznej, czyli samopodtrzymującej się, gwałtownej reakcji chemicznej wewnątrz ogniwa, poprzez zastosowanie bardzo intensywnego chłodzenia oraz ograniczania dostępności tlenu, tak aby temperatura nie uszkodziła sąsiednich ogniw i nie doszło do reakcji łańcuchowej. We wstępie autorzy [1] wskazują, że nie ma uniwersalnych technik zapobiegania rozwojowi i uniwersalnego środka gaszenia takich pożarów, gdyż stosowane różne konstrukcje konstrukcje baterii w pojazdach oraz magazynach energii.

Dlatego projektowanie systemów ochrony przeciwpożarowej wymaga podejścia indywidualnego. Wśród środków gaśniczych mamy: hydrozele, ciekły azot, proszki gaśnicze, wodną dyspersję wermikulitu, a także środki gaśnicze na bazie gazów obojętnych dla środowiska. Prowadzone są również badania nad nowymi ognioodpornymi powłokami akumulatorów. Prowadzone są też

prace nad skutecznością systemów detekcji pożaru (gazowa, termiczna, w tym termowizja) i technik wczesnego ostrzegania. Wśród tych technologii wyróżniają się systemy wysokociśnieniowej mgły wodnej skuteczne w chłodzeniu i ograniczaniu rozprzestrzeniania się pożaru w magazynach energii oraz wodna dyspersja wermikulitu, która ogranicza dostępność tlenu oraz izoluje płonące ogniwa, co pomaga w ograniczaniu rozwoju pożaru. Pożarom magazynów energii towarzyszy emisja toksycznych i wybuchowych gazów. Dlatego ważne jest projektowanie systemów wentylacji i rozwiązań dekompresyjnych, aby minimalizować ryzyko eksplozji w zamkniętych przestrzeniach.

Zatem systemy magazynowania energii oraz akumulatorów w pojazdach wymagają technologii monitorowania ich parametrów pracy i wczesnego wykrywania anomalii w celu zapobiegania awariom.

Przyczyny pożarów

Autorzy [1] zwracają uwagę, że pożary magazynów energii i pojazdów elektrycznych zasilanych z baterii litowo-jonowych należą do najbardziej złożonych pod względem przyczyn, ich rozwoju i braku jednej metody gaszenia. Obejmują praktycznie jednocześnie wiele klas pożarów charakterystycznych dla różnych materiałów, substancji, paliw i urządzeń:

- stałych palnych, jak np. drewno, które po osiągnięciu punktu zapłonu uwalniają gazy palne, spalające się w obecności tlenu, powodując dalsze rozprzestrzenianie się ognia,
- łatwopalnych cieczy, jak np. benzyna, które odparowują w temperaturze otoczenia i po zetknięciu ze źródłem zapłonu następuje gwałtowne spalanie lub wybuch oparów,
- gazów łatwopalnych i tworzących mieszaniny wybuchowe, jak np. metan, gdy wybuch powoduje szybkie rozprzestrzenienie się pożaru,
- akumulatorów, w których dochodzi do przegrzania spowodowanego przeładowaniem, zwarcie lub uszkodzeniem fizycznym i następstwem tego jest niekontrolowany wzrost temperatury z rozkładem elektrolitu i reakcjami między elektrodami, w wyniku których uwalniają się łatwopalne gazy i ciepło, powodujące po kontakcie z tlenem zapłon.

Z tych powodów badania nad tymi pożarami prowadzone są w zakresie ognioodporności baterii, technologii wczesnego wykrywania i ostrzegania oraz technologiom zapobiegania. Dużo uwagi zajmuje w nich analiza przyczyn niekontrolowanego wzrostu temperatury, czyli skutków uszkodzeń mechanicznych, elektrycznych, termicznych oraz typowe zwarcia wewnętrzne. W zakresie wczesnego ostrzegania przed niekontrolowanym wzrostem temperatury bada się i doskonali technologie pomiaru w ogniwach temperatury, detekcji gazów, a nawet pomiaru ultradźwięków oraz analizy tych danych i wdrażania uczenia maszynowego. Są prowadzone także badania nad nowymi środkami gaśniczymi oraz ich skutecznością w różnych zastosowaniach.

Autorzy [1] wskazują, że wprowadzenie postępowania według zaleceń producentów w zakresie pracy i przechowywania akumulatorów litowo-jonowych sprawia, że ryzyko ich zapłonu jest niewielkie i wynosi 1 na dziesiątki milionów, to przeładowanie, przeciążenie, wysokie temperatury zewnętrzne i uszkodzenia mechaniczne są najczęstszymi przyczynami wzrostu ryzyka awarii.

Opisywane w prasie przypadki pożarów akumulatorów litowo-jonowych, które doprowadziły do poważnych skutków i szkód, powodowały intensyfikację tych badań. W ich wyniku wydzielono kilkanaście grup przyczyn, a ryzyko ich wystąpienia jest największe podczas intensywnego ładowania i przeciążania akumulatorów, gdyż powoduje to gwałtowne reakcje pomiędzy elektrolitem i elektrodami. Kolejne przyczyny to uszkodzenia mechaniczne podczas intensywnej eksploatacji (np. wibracje, luzowanie połączeń i zwarcia, szybkie zmiany temperatury i zjawisko rozszerzalności termicznej oraz naprężeń). Jest też spore ryzyko podczas wypadków i kolizji pojazdów. Zwarcia wewnętrzne są następstwem nadużycia mechanicznego pojazdów i wad fabrycznych. Przeciążenie elektryczne (przeładowanie i nadmierne rozładowanie) jest głównym czynnikiem prowadzącym do niekontrolowanego wzrostu temperatury. **W nowszych generacjach akumulatorów ich monitorowanie pod tym względem jest znacznie większe i nie ma możliwości ominięcia tych zabezpieczeń, co przekłada się na zauważalny spadek liczby pożarów pojazdów z tego powodu.** Poprawa bezpieczeństwa wynika też ze stosowania lepszych technologii gromadzenia danych i doskonalenia algorytmów działania. Praca akumulatorów w gorącym klimacie lub podczas ekstremalnych warunków jazdy, takich jak gwałtowne przyspieszanie lub podjazdy w górach, to kolejne zagrożenie i jest ono redukowane wspomnianymi technologiami monitorowania danych oraz doskonalenia rozwiązań umożliwiających większe odprowadzanie ciepła.

Technologie wczesnego ostrzegania

Autorzy [1] podkreślają, że ostrzeganie przed niekontrolowanym wzrostem temperatury to podstawowe narzędzie wydłużenia żywotności oraz zapewnienia bezpieczeństwa pożarowego akumulatorów. System ostrzegawczy powinien monitorować ich stan w czasie rzeczywistym i natychmiast reagować na nietypowe dane i zjawiska. Taki system musi mieć wysoką czułość i możliwość wykrywania zmian temperatury wewnętrznej oraz wahań stężenia gazu w czasie rzeczywistym, tak aby możliwe było podejmowanie odpowiedniego działania na jak najwcześniejszym etapie. Zastosowane w nim czujniki muszą być rozmieszczone w newralgicznych miejscach, powinny być stabilne i odporne na zakłócenia. System powinien przetwarzać oraz analizować duże ilości danych według zaawansowanych algorytmów oraz ograniczać fałszywe alarmy, a zarazem ryzyko przecenienia symptomów zagrożenia. Ponadto powinien być skalowalny i kompatybilny z systemem zarządzania bateriami (Battery Management Systems), a w przypadku magazynów także z systemami

zarządzania obiektów i budynków (Building Management System). Systemy powinny być otwarte na doskonalenie i modyfikacje.

Kluczowe znaczenie w zarządzaniu bezpieczeństwem akumulatorów ma **detekcja temperatury** i jej zmian w czasie rzeczywistym. Zastosowanie tu mają technologie takie jak termopary (czujniki termoelektryczne), czujniki temperatury rezystancyjne, termistory, czujniki podczerwieni oraz termografia i czujniki światłowodowe (sensory optyczne). Umożliwiają one dokładny pomiar temperatury powierzchni i wnętrza za pomocą metod kontaktowych lub bezkontaktowych. Technologie te różnią się zakresem pomiarowym, szybkością reakcji oraz wrażliwością na warunki pracy i zakłócenia.

Niekontrolowany wzrost temperatury w akumulatorach litowo-jonowych powoduje parowanie rozpuszczalnika elektrolitu oraz wytwarzanie gazu i wzrost ciśnienia wewnętrznego, co aktywuje zawór bezpieczeństwa lub powoduje pęknięcia obudowy, uwalniając łatwopalne gazy. Z tych powodów **technologie detekcji i monitorowania stężenia gazów** zyskują na znaczeniu w zapewnianiu bezpieczeństwa eksploatacji akumulatorów. Przegrzane baterie uwalniają określone gazy, takie jak CO, H₂, CO₂ i węglowodory. Monitorowanie danego gazu, a zwłaszcza wodoru (który uwalnia się jako pierwszy podczas anomalii) i CO₂ daje wczesny sygnał o ryzyku zwarcia lub niekontrolowanego wzrostu temperatury. Monitorowanie tylko pojedynczego gazu nie zawsze daje możliwość dokładnej identyfikacji usterki spośród wielu potencjalnych możliwości. Dlatego prowadzi się badania strategii łącznego monitorowania wspomnianych gazów. Bieżąca analiza ich zmian stężeń z wykorzystaniem doskonalonych algorytmów zwiększa dokładność i niezawodność wykrywania usterek i oceny ryzyka niekontrolowanego wzrostu temperatury.

W badaniach wczesnego ostrzegania przed niekontrolowanym wzrostem temperatury korzysta się też z **technologii ultradźwiękowych** powyżej 20 kHz, których fale charakteryzują się wysoką energią, silną penetracją, dobrą kierunkowością, wysoką czułością i szybką propagacją. Propagacja ultradźwięków w ciałach stałych, cieczach i gazach pozwala na ocenę warunków pracy baterii przydatnych w analizie rozmieszczenia elektrolitu i wykrywaniu osadów litu, które są częstym zaczątkiem procesów prowadzących do niekontrolowanego wzrostu temperatury. Ta technologia ma duży potencjał, gdyż połączenie różnych technik ultradźwiękowych daje możliwość wykrywania i monitorowania nieprawidłowego zachowania baterii litowo-jonowych w warunkach przeładowania i precyzyjnie lokalizuje miejsca reakcji, dając skuteczne rozwiązanie wczesnej eliminacji zagrożenia. Analiza sygnałów ultradźwiękowych pozwala także ocenić stan akumulatora dla celu optymalizacji strategii zarządzania nim, co ma szczególne znaczenie w magazynach energii.

Prowadzi się też badania nad wysokiej precyzji czujnikami stale **rejestrującymi parametry prądu i napięcia akumulatora** podczas ładowania i rozładowywania w celu identyfikacji ich wahań, co wskazuje na niestabilne wewnętrzne reakcje chemiczne. Analiza takich danych w czasie

rzeczywistym, w przypadku przekroczenia pewnych progów, jest podstawą do alertu o zagrożeniu niekontrolowanego wzrostu temperatury. Kolejna technologia to **monitorowanie ciśnienia** – przeładowanie, zwarcie lub wysoka temperatura mogą powodować znaczne zmiany ciśnienia z powodu generowania gazów. Czujniki ciśnienia przekazują dane w czasie rzeczywistym, a alerty są generowane przy określonych progach ciśnienia. Kalibrację tego narzędzia utrudnia jednak mnogość różnej budowy akumulatorów.

Są też badane technologie pomiarów **zmiany rezystancji wewnętrznej**, które pomagają w ocenie wydajności baterii, a także wykrywaniu anomalii takich jak osadzanie się litu lub rozkład elektrolitu. Charakterystyki impedancji w czasie rzeczywistym mogą być podstawą do wykrywania potencjalnego zagrożenia, a rozwiązania tradycyjne, które monitorują jedynie napięcie i temperaturę powierzchni, są niewystarczające do identyfikacji potencjalnych awarii oraz ryzyka niekontrolowanego wzrostu temperatury.

Kolejna technologia badana dla potrzeb wykrywania ryzyka to **detektory gazów szkodliwych i dymu** uwalnianych podczas niekontrolowanego wzrostu temperatury. Jeśli ich stężenie przekroczy progi bezpieczeństwa, system natychmiast wysyła alerty, aby zapewnić szybką reakcję i bezpieczeństwo środowiska oraz personelu. W tej technologii liczy się to, jak niskie stężenia cząstek dymu są wykrywane, a ich czułość to 1–5 PPM.

Autorzy [1] dokonali zestawienia technologii wczesnego ostrzegania o anomaliiach i ryzyka niekontrolowanego wzrostu temperatury w akumulatorach litowo-jonowych m.in. pod względem ich dokładności i zakresu stosowania oraz kosztów.

Technologie gaszenia pożarów

Z przeglądu dokonanego przez autorów [1] wynika, że znaczna część obecnie dostępnych środków gaśniczych niewystarczająco tłumi niekontrolowane rozprzestrzenianie się ciepła i nawet po wytłumieniu ognia dochodzi do ponownego zapłonu. W badaniach nad środkami tłumienia niekontrolowanego rozprzestrzeniania się ciepła sięga się po te, które skutecznie sparują źródło termicznie i ograniczają dostęp pożaru do tlenu. Na razie nie ma w pełni skutecznej technologii całkowitego wyeliminowania ryzyka niekontrolowanego rozprzestrzeniania się ciepła. Co więcej wymagania środowiskowe ograniczają stosowanie środków o wysokim GWP (Global Warming Potential).

Jednym z głównych kierunków badań nad środkami gaśniczymi są **hydrożele** składające się z wody oraz dodatków nietoksycznych i biodegradowalnych, takich które nie pozostawiają szkodliwych pozostałości i które można usunąć po pożarze. Taki środek gaśniczy działa poprzez schładzanie oraz izolację źródła – szybko pochłania ciepło i tym samym obniża temperaturę powierzchni akumulatora. Wysoka zawartość wody w hydrożelach umożliwia szybkie rozpraszanie ciepła, co zapobiega samozapłonem kolejnych ogniw oraz wybuchom powstających gazów. Hydrożele na tyle

silnie przylegają do płonących powierzchni, że blokują dostęp do tlenu. Wyniki badań i eksperymentów wskazują, że gaśnice hydrożelowe skutecznie gaszą wydostające się płomienie i utrzymują temperaturę powierzchni akumulatora poniżej krytycznego progu niekontrolowanego wzrostu temperatury. Skuteczność działania tych gaśnic zależy od ich wydajności – te o dużych wydajnościach i długim działaniu zapobiegają rozprzestrzenianiu się niekontrolowanego wzrostu temperatury na kolejne ogniwa akumulatora. Eksperymenty wykazały, że 10 kg hydrożelu dawało dwukrotnie większy efekt chłodzenia niż 20 kg wody. Przy tej samej pojemności dawki hydrożel opóźnia rozprzestrzenianie się ucieczki termicznej ponad trzykrotnie dłużej niż woda, dając dodatkowy czas na ewakuację i działania służb ratowniczych. Gaśnice hydrożelowe zapewniają skuteczne gaszenie i zapobiegają rozprzestrzenianiu się pożaru bez powodowania wtórnych eksplozji lub uwalniania toksycznych gazów. Są przyjazne dla środowiska, lecz wysokie koszty produkcji i specyficzne scenariusze pożarowe ograniczają powszechność ich stosowania.

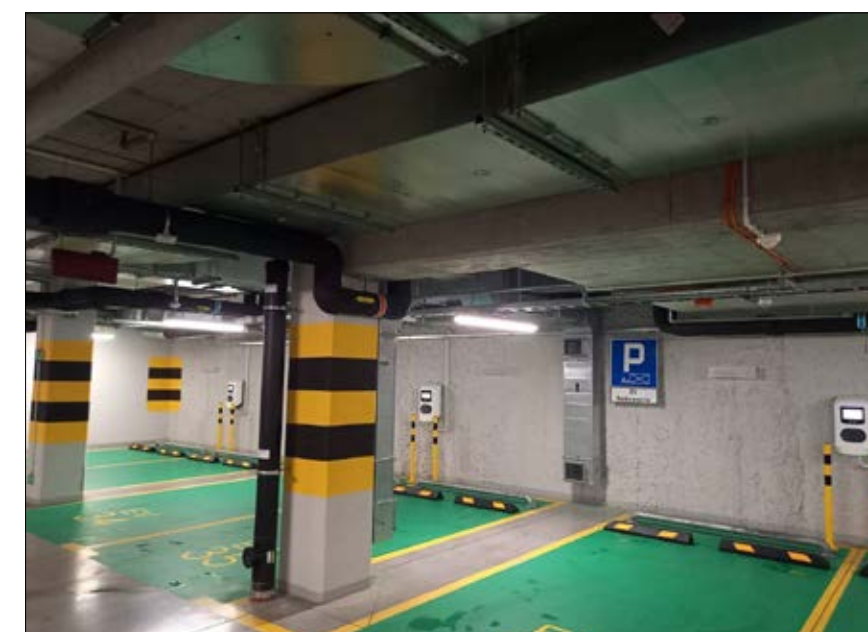
Rozpoznany dekady temu negatywny wpływ na warstwę ozonową i wysoki potencjał tworzenia efektu cieplarnianego (GWP) niektórych związków używanych w chłodnictwie i klimatyzacji oraz w środkach gaśniczych spowodował ich wycofywanie z obrotu i badania nad **środkami o niewielkim stopniu wpływającymi na środowisko**. Wśród nich jest m.in. perfluoro(2-metylo-3-pentanon) C6F12O, znany m.in. jako Novec™ firmy 3M. Jak wynika z innych źródeł [5], z końcem 2025 roku został on wycofany ze sprzedaży, co zmusiło firmy do zidentyfikowania odpowiednich zamienników na bazie płynów fluorowanych zgodnych z normami środowiskowymi i wymogami bezpieczeństwa. C6F12O to ciecz, która szybko odparowuje w wysokiej temperaturze i tworzy wysokie stężenie gazu, który obniża temperaturę płomienia i tłumi go. Niska toksyczność i niekorozyjne właściwości minimalizują uszkodzenia sprzętu elektronicznego podczas pożarów akumulatorów, co ma szczególne znaczenie w magazynach energii i serwerowniach. Jego zdolność do szybkiego gaszenia pożarów daje możliwość zapobiegania rozprzestrzenianiu się pożaru zwłaszcza w zamkniętych przestrzeniach. Badania nad skutecznością gaszenia akumulatorów litowo-jonowych wykazały skuteczne zapobieganie niekontrolowanemu rozprzestrzenianiu się pożaru pod wpływem ciepła i jest to podkreślane jako jego szczególna zaleta do ochrony ppoż. w scenariuszach pożarów magazynów energii. Gaśnice z tym środkiem są stosowane w gaszeniu pożarów urządzeń elektrycznych (np. rozdzielnic). Nie pozostawiają osadów, ale gaz ten nie jest obojętny dla środowiska i zawiera związki kontrolowane objęte ścisłym nadzorem.

Ciekły azot to gaz obojętny o temp. wrzenia -196°C stosowany także w gaszeniu pożarów. Gaszenie ciekłym azotem polega na jego rozpyleniu – bardzo szybko odparowuje do gazu o bardzo niskiej temperaturze, pochłaniając ciepło i obniżając temperaturę materiału palnego poniżej jego punktu zapłonu. Jednocześnie rozcieńcza on stężenie tlenu, osłabiając płomień. Badania nad tym gazem w zapobieganiu niekontrolowanemu wzrostowi temperatury w akumulatorach wskazują, że

przed osiągnięciem krytycznych temperatur azot może skutecznie im zapobiegać bez znaczącego wpływu na wydajność cykli ładowania akumulatora. Po jego użyciu nie pozostają bowiem żadne pozostałości i to jest jego ważna zaleta w porównaniu z tradycyjnymi środkami gaśniczymi. Ponadto zapewnia szybką interwencję we wczesnych stadiach pożaru i skutecznie hamuje jego rozprzestrzenianie się i tym samym jest pomocny w pomieszczeniach o wysokim poziomie ochrony – czyli magazynach energii i centrach danych. Gaśnice na ciekły azot szybko obniżają temperaturę bez reakcji chemicznych i tym samym są bezpieczne dla ludzi i środowiska. Służą do gaszenia zwłaszcza pożarów urządzeń elektrycznych, ale wymagają specjalistycznego sprzętu do przechowywania, transportu i profesjonalnego przeszkolenia, co zwiększa ich złożoność stosowania.

Trwają też prace nad nowymi **proszkami gaśniczymi**. Nowe gaśnice proszkowe o wysokiej wydajności chłodzenia absorbują ciepło i ograniczają niekontrolowane rozprzestrzenianie się wysokiej temperatury. Stosowane są w nich fluorki metali, fosforany i węglany, które pochłaniają znaczną ilość ciepła, obniżając w ten sposób temperaturę pożaru i wytwarzając gazy obojętne i powłoki ochronne, które hamują spalanie. Gaśnice proszkowe mogą działać w wysokich temperaturach i zapobiegać ponownemu zapłonowi poprzez blokowanie kontaktu z tlenem, czego nie zapewniają gaśnice wodne lub na CO_2 . Drobne cząsteczki proszku wnikają w szczeliny akumulatorów i pokrywają płonące obszary, skutecznie gasząc płomienie. Te cechy predysponują je do zapobiegania rozwojowi pożaru w pojazdach w pojazdach elektrycznych, w systemach magazynowania energii i w akumulatorach o dużej gęstości. Jednak po ich użyciu pozostają resztki mogące uszkodzić wrażliwy sprzęt elektryczny i wymagają one dokładnego sprzątnięcia, co nie zawsze jest technicznie łatwe czy możliwe.

Kolejny środek gaśniczy to **wodna dyspersja wermikulitu**. Wermikulit to minerał krzemianowy o wysokiej stabilności termicznej i zdolnościach adsorpcyjnych. Z wodą tworzy stabilną zawiesinę, która pokrywa płonącą powierzchnię, ograniczając dopływ tlenu i pochłania ciepło oraz obniża temperaturę spalania – w efekcie hamuje rozprzestrzenianie się ognia oraz ogranicza ryzyko ponownego zapłonu. Dzięki dobrej



Fot. 1. System ładowania w garażu z elektroniczną detekcją pożaru (SSP) i instalacją tryskaczową (SUG) Źródło: SPIE Building Solutions

płynności, pokrywa powierzchnie akumulatorów oraz penetruje struktury wewnętrzne. To innowacyjne urządzenia przyjazne dla środowiska i środek łatwy w czyszczeniu po użyciu, lecz jego stosowanie ogranicza się do określonych rodzajów pożarów.

Powłoki zmniejszające palność i zwiększające stabilność

Autorzy [1] wskazują, że prowadzone są także prace nad nowymi technologiami powłok zmniejszających palność. Stanowią one mają barierę termiczną odporną na wysokie temperatury i zapobiegają zapłonowi oraz rozprzestrzenianiu się płomieni. Ich zadaniem jest ograniczanie dostępności tlenu i zmniejszanie szybkości uwalniania ciepła oraz zachowanie integralności obudowy ogniw i akumulatora po to, aby opóźnić, a nawet zapobiegać niekontrolowanemu wzrostowi temperatury. Trwają badania nad polimerami stabilnymi w bardzo wysokich temperaturach, o dużej przyczepności do podłoża i wysokiej wytrzymałości mechanicznej na rozrywanie wiązań. Te polimery powinny być łatwe w równomiernym nakładaniu kolejnych powłok na elementy złożone geometrycznie. Stosuje się w nich obojętne dla środowiska środki zmniejszające palność. Prowadzone są też prace nad strukturami powłok z wykorzystaniem materiałów wielowarstwowych w celu uzyskania skutecznej bariery termicznej, m.in. nanopłytek grafenu jako warstwy bazowej i powłoki ceramicznej jako warstwy wierzchniej i mocnej bariery fizycznej.

Inny kierunek badań dotyczy mikro- i nanostruktur z adekwatnymi do zmieniających się warunków reakcjami zwiększającymi skuteczność tłumienia pożaru. To np. mikrokapsułki ze środkami zmniejszającymi palność w ochronnych powłokach. Aktywacja związku z mikrokapsułki następuje pod wpływem wzrostu temperatury dokładnie wtedy, gdy jest to potrzebne. Kolejna technologia to nanowłókna tworzące gęste sieci reagujące na wysokie temperatury – szybko ulegają one zwęgleniu i tworzą ochronną barierę przed płomieniami, co zapobiega rozwojowi pożaru. Co ważne, nanowłókna zwiększają elastyczność i odporność powłok na uszkodzenia mechaniczne, a to jest ważne w projektowaniu akumulatorów do pojazdów elektrycznych.

Podsumowanie

Z przedstawionych przez autorów danych [1] wynika, że prowadzone działania zwiększające bezpieczeństwo pożarowe stosowania akumulatorów powinny koncentrować się na integracji inteligentnych systemów monitorowania i ostrzegania oraz na badaniach i wdrożeniach innowacji w zakresie materiałoznawstwa, tak aby coraz skuteczniej zapobiegać ryzykom niekontrolowanego wzrostu temperatury. Postęp w nowych technologiach jest na tyle znaczny, że nanopowłoki mogą zapewnić skuteczną izolację termiczną i w przyszłości możemy się spodziewać nawet materiałów samonaprawiających się, co zwiększy bezpieczeństwo użytkowania oraz żywotność akumulatorów.

Modułowa konstrukcja akumulatorów powinna zwiększać ich niezawodność i zdolność zapobiegania rozprzestrzenianiu się niekontrolowanego wzrostu temperatury. Systemy zarządzania bateriami mogą monitorować pracę w czasie rzeczywistym i wdrażać doskonałe algorytmy do dostosowywania działania baterii, tak aby zapobiegać ich przeładowaniu, nadmiernemu rozładowaniu i przegrzaniu.

Systemy ostrzegania i zapobiegania niekontrolowanemu wzrostowi temperatury w akumulatorach litowo-jonowych korzystać będą z systemów monitorowania, innowacji materiałowych, konstrukcji wielowarstwowej, standaryzacji oraz optymalizacji zarządzania temperaturą. I jest to niezbędne do transformacji transportu, budowy magazynów energii, a nawet w energooszczędnej elektronice użytkowej. Kluczowe znaczenie mają w tych obszarach technologie ostrzegania wykorzystujące monitorowanie zmian temperatury wewnętrznej w czasie rzeczywistym w celu identyfikacji nieprawidłowości. Z kolei technologie prewencyjne, jakimi są środki gaśnicze, będą rozwijane dla zwiększania skuteczności systemu ppoż. Natomiast innowacyjne materiały o zwiększonej ognioodporności i izolacji termicznej oraz zoptymalizowane konstrukcje akumulatorów zwiększą ochronę i bezpieczeństwo nawet w przypadku uderzeń.

Zwiększanie bezpieczeństwa i wydajności pojazdów elektrycznych jest ściśle związane z postępem w technologii akumulatorów, w tym systemów ostrzegania i zapobiegania niekontrolowanemu wzrostowi temperatury. W wielu obecnie montowanych samochodach, zwłaszcza tych budżetowych i mniejszych, stosuje się proste i skuteczne zabezpieczenie – ograniczenie możliwości rozładowania do niskich poziomów < 20% i ładowania > 90%.

Literatura

1. Peicheng Shi, Hailong Zhu, Xinlong Dong and Bin Hai, *Research Progress on Thermal Runaway Warning Methods and Fire Extinguishing Technologies for Lithium-Ion Batteries*, "World Electr. Veh. J." 2025, 16(2), 81, DOI:10.3390/wevj16020081, 6 February 2025 (dostęp: 27.11.2025)
2. *Lithium-Ion Battery Diagnosis, Health and Safety*, Special Issue "Information World Electric Vehicle Journal", https://www.mdpi.com/journal/wevj/special_issues/P10XM9C4WW (dostęp: 27.11.2025)
3. Projekt rozporządzenia w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich sytuowania z dnia 9 czerwca 2025 r., Rządowe Centrum Legislacji, Wykaz prac legislacyjnych Ministra Rozwoju i Technologii nr 68, <https://legislacja.rcl.gov.pl/projekt/12398903> (dostęp: 27.11.2025)
4. *Doniesienia o pożarach samochodów elektrycznych to w większości fake newsy*, <https://www.rynekinstalacyjny.pl/artikuly/aktualnosci/180560,doniesienia-o-pozarach-samochodow-elektrycznych-to-w-wiekszosci-fake-newsy> (dostęp: 27.11.2025)
5. Płyny zamienne 3M™ Novec™, <https://www.besttechnologyinc.com/3m-novec-replacements/> (dostęp: 27.11.2025)

Wentylacja strumieniowa garaży zamkniętych

Z powodu braku w Polsce jednoznacznej metodologii wyznaczania wydajności wyciągu systemów wentylacji strumieniowej przyjmuje się często dużo wyższe wartości niż wskazywane w przypadku systemów oczyszczania z dymu, ale niższe od zalecanych dla systemów kontroli dymu. „Wytyczne projektowe: wentylacja strumieniowa garaży zamkniętych” Szkoły Głównej Służby Pożarniczej zawierają m.in. nowe zalecenia dotyczące szacowania wydajności wyciągu systemów wentylacji strumieniowej tak, aby utrzymać zadymienie w obrębie jednej strefy dymowej, pozostawiając pozostałe strefy wolnymi od dymu. Umożliwia to wejście ekip ratowniczo-gaśniczych do strefy niezadymionej, lokalizację pożaru i natarcie na źródło ognia, a także bezpieczną ewakuację.

Opracowane przez zespół specjalistów ze Szkoły Głównej Służby Pożarniczej, Politechniki Warszawskiej oraz Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Pożarnictwa „Wytyczne projektowe: wentylacja strumieniowa garaży zamkniętych” podają następującą definicję garażu zamkniętego – *to obszar przygotowany i przewidziany do parkowania wielu pojazdów, stanowiący samodzielny obiekt budowlany lub część innego obiektu budowlanego, będący garażem zamkniętym – z pełną obudową zewnętrzną i zamykanymi otworami.*

Wytyczne określają minimalne parametry, jakie muszą spełnić systemy wentylacji strumieniowej (SWS) w przypadku powstania pożaru wewnątrz garażu zamkniętego, żeby ograniczyć jego skutki w sposób zapewniający spełnienie postawionych celów projektowych. Dokument ten nie narzuca sposobu projektowania, jego zadaniem jest pomoc w realizacji celów projektowych. Jest on pomocny na każdym etapie procesu budowlanego, od projektu, poprzez budowę, po odbiór, gdyż umożliwia zdefiniowanie warunków brzegowych planowanego systemu bezpieczeństwa pożarowego. Zawarto w nim nowe podejście do projektowania systemów wentylacji strumieniowej, jednoznacznie nieokreślone w polskich przepisach, z tego powodu nie zaleca się jego wykorzystywania do weryfikacji istniejących garaży zamkniętych lub będących w trakcie procesu budowlanego. Wytyczne mogą być stosowane tylko w przypadku garaży zamkniętych w nowo projektowanych lub modernizowanych budynkach, zaprojektowanych w całości w oparciu o wymagania zawarte w tym dokumencie.

System wentylacji mechanicznej garażu zamkniętego powinien spełniać dwa nadrzędne cele projektowe: usuwanie nadmiaru spalin samochodowych podczas normalnego użytkowania garażu oraz usuwanie dymu i ciepła w razie wystąpienia pożaru w garażu.

Wentylację bytową nawiewno-wywiewną realizuje system wentylacji strumieniowej, kierując powietrze ze spalinami z przestrzeni garażu do punktów wyciągowych, skąd jest ono usuwane na zewnątrz budynku przez szachty lub kanały. Napływ kompensacyjny świeżego powietrza zapewniają punkty czerpania. Wydajność w tej funkcji sterowana jest za pomocą czujników CO i/lub VOC.

Wentylację pożarową oddymiającą, czyli ochronę przed zadymieniem i wzrostem temperatury w przejściach ewakuacyjnych w czasie potrzebnym do bezpiecznej ewakuacji ludzi, oraz wspomaganie działania ekip ratowniczo-gaśniczych i zabezpieczenie konstrukcji budynku także realizuje system wentylacji strumieniowej sterowany za pomocą systemu sygnalizacji pożarowej.

W wytycznych zawarto **nowe podejście do szacowania wydajności wyciągu** SWS. W Polsce z powodu braku jednoznacznej metodologii wyznaczania tego parametru przyjmowano dużo wyższe wydajności od wskazanych dla systemów oczyszczania z dymu (smoke clearance), ale niższe niż zalecane dla systemów kontroli dymu (smoke control). Powoduje to pewną dezorientację uczestników procesu budowlanego.

Systemy kontroli dymu mają wysokie wydajności punktów wyciągowych, co wpływa na koszt budowy dużych szachtów oraz liczbę urządzeń i zapotrzebowanie na moc do ich zasilania. Gwarantują jednak najwyższy poziom bezpieczeństwa ekipom ratowniczo-gaśniczym, gdyż zapewniają odpowiednią widoczność źródła ognia i ograniczają zadymienie w garażu.

Systemy oczyszczania z dymu mają jedno zadanie – jak najszybsze doprowadzenie garażu do ponownego użytkowania w momencie ugaszenia źródła ognia. Rozwiązanie to tylko pośrednio wspomaga działania ekip ratowniczo-gaśniczych poprzez jakiegokolwiek usuwanie dymu oraz obniżanie temperatury gazów pożarowych w trakcie działań gaśniczych. Ale nie jest to żadnym kryterium oceny ich skuteczności, gdyż systemy takie nie chronią w żaden sposób przed zadymieniem całego garażu w czasie trwania pożaru. Rozwiązanie to może stwarzać problemy dla straży pożarnej w lokalizacji pożaru wewnątrz garażu i tym samym jego niekontrolowane przenoszenie się na kolejne zaparkowane samochody.

Uzasadnione jest zatem wprowadzenie rozwiązania pośredniego, które umożliwi utrzymanie zadymienia w obrębie jednej strefy dymowej, pozostawiając pozostałe strefy wolnymi od dymu – taki sposób projektowania systemów wentylacji strumieniowej *pozwoli na bezpieczne wejście ekip ratowniczo-gaśniczych do strefy niezadymionej, wstępną lokalizację pożaru np. przy użyciu kamery termowizyjnej, przygotowanie zabezpieczeń ochrony osobistej oraz armatury gaśniczej, a następnie natarcie na źródło ognia. Zabezpieczenie pozostałych stref dymowych wpłynie również na zwiększenie poziomu bezpieczeństwa użytkowników i osób przebywających w garażu. Osoby znajdujące się w bliskiej odległości od źródła ognia będą miały możliwość ewakuacji do bezpiecznej części garażu (do innej strefy dymowej, która pozostanie niezadymiona przez cały czas trwania pożaru). Natomiast osoby nieznajdujące się w bliskiej odległości od źródła ognia, reagujące jedynie na alarm akustyczny lub wizualny SSP, będą*

miały możliwość ewakuacji w swojej strefie dymowej przez cały czas trwania pożaru, ponieważ zadymienie nie powinno pojawić się w innej strefie dymowej niż w strefie objętej pożarem.

Zakres stosowania wytycznych

1. Zakres stosowania wytycznych obejmuje publiczne i prywatne garaże zamknięte, przeznaczone do parkowania samochodów osobowych i małych pojazdów dostawczych.
2. Wytyczne definiują założenia projektowe dla SWS w garażach zamkniętych nieposiadających bezpośredniego wjazdu lub wyjazdu z budynku albo o powierzchni przekraczającej 1500 m².
3. Dokument nie ma zastosowania do garaży otwartych.
4. Wytyczne nie poruszają całościowo problemu parkowania samochodów elektrycznych, w tym samochodów hybrydowych i zasilanych wodorem.
5. Garaże o wysokości poniżej 3,8 m niewyposażone w instalację gaśniczą wodną i garaże o wysokości poniżej 2,8 m wyposażone w instalację gaśniczą wodną powinny być zabezpieczone systemem wentylacji strumieniowej. Wymóg ten nie wyklucza projektowania SWS w garażach wyższych.
6. W garażach zamkniętych powiązanych funkcjonalnie z budynkami, w których mogą przebywać osoby niezaznajomione z dostępnymi drogami ewakuacyjnymi, zaleca się stosowanie systemu wentylacji kanałowej (SWK) przy jednoczesnym uwzględnieniu pkt 5.

Zakres stosowania SWS wynika m.in. z analiz norm zagranicznych (NBN S 21-208-2:2014, NEN 6098:2012, BS 7346-7:2013), które wskazują, że jednym z ważniejszych celów projektowych SWS jest potrzeba zapewnienia bezpieczeństwa ekipom ratowniczo-gaśniczym.

Założenia podstawowe

Garaże zamknięte nie powinny obejmować niewydzielonych pożarowo pomieszczeń, w których składowane będą materiały łatwopalne (pkt 1). Z przebiegu pożarów wynika bowiem, że gromadzone materiały, w tym łatwopalne, stanowią groźbę bardzo szybkiego rozwoju pożaru oraz duże zagrożenie dla ekip ratowniczo-gaśniczych, a także konstrukcji budynku.

Bez względu na lokalizację miejsca pożaru należy przewidzieć możliwość wejścia ekip ratowniczo-gaśniczych do strefy dymowej wolnej od zadymienia bezpośrednio z zewnątrz budynku. W komentarzu do tego wymagania autorzy wytycznych wskazują, że zalecaną drogą wejścia dla ekip ratowniczo-gaśniczych jest wjazd lub wyjazd z garażu. Jeśli interwencja ekip ratowniczo-gaśniczych nie następuje przez wjazd lub wyjazd, należy przewidzieć możliwość wejścia przez klatkę schodową i przedsionek przeciwpożarowy.

SWS muszą zapewnić określone cele projektowe w przypadku powstania pożaru w dowolnym miejscu w garażu (miejsca postojowe, pas ruchu), ale przy założeniu wystąpienia tylko jednego

ogniska pożaru. Jeśli do garażu prowadzi kilka wejść, zaleca się, by wejście do garażu było wyraźnie oznakowane. Wejście to musi pozostawać otwarte lub zostać automatycznie odblokowane w razie detekcji pożaru. W komentarzu do tego wymogu po raz kolejny wskazuje się na znaczenie szybkiego wejścia ekip ratowniczo-gaśniczych do garażu, co może decydować o skuteczności podjętych działań, zwłaszcza w budynkach z kilkoma kondygnacjami podziemnymi.

Wejście do garażu przez ekipy ratowniczo-gaśnicze powinno być realizowane ze strefy dymowej nieobjętej pożarem lub od strony nawiewu świeżego powietrza. Elementy SWS muszą zostać automatycznie uruchomione, otwarte lub zamknięte zgodnie ze scenariuszem pożarowym i pozostać zablokowane w docelowej pozycji bez konieczności ręcznej interwencji.

W ostatnim punkcie tego rozdziału zwrócono uwagę, że wytyczne nie rozwiązują kompleksowo problemów związanych z garażami o gęstości obciążenia większej niż 500 MJ/m², tj. w przypadku zastosowania wielopoziomowych platform parkingowych, palet przesuwanych poziomo, parkowania samochodów dostawczych, autobusów lub ciężarówek. Przypadki te powinny być rozpatrywane indywidualnie, przy uwzględnieniu odpowiednio większej mocy pożaru oraz innych ryzyk z tym związanych.

Wybrane wymagania przepisów

Kolejny rozdział wytycznych zawiera wybrane wymagania przepisów techniczno-budowlanych w zakresie bezpieczeństwa pożarowego, w tym pochodzące z rozporządzenia w sprawie warunków technicznych.

Cele projektowe

System wentylacji strumieniowej musi realizować następujące cele projektowe:

1. Wspomóc proces ewakuacji ludzi z garażu zamkniętego.
2. Zapewnić dostęp ekip ratowniczo-gaśniczych od strony nawiewanego powietrza.
3. Utrzymać zadymienie w strefie dymowej, w której wystąpił pożar.
4. Zabezpieczyć konstrukcję budynku przez obniżenie temperatury wewnątrz garażu.

W komentarzu do tego rozdziału autorzy zwracają uwagę m.in. na fakt, że w większości przypadków system ma tylko wspomagać proces ewakuacji. Z kolei spełnienie wymogu zapewnienia odpowiedniego zasięgu widzialności w każdym miejscu garażu (system kontroli dymu) zgodnie z normami (NBN S 21-208-2:2014, NEN 6098:2012, BS 7346-7:2013) jest w polskich realiach bardzo kosztowne inwestycyjnie i trudne w realizacji, gdyż wymaga systemu o wydajności w zakresie 300 000–500 000 m³/h i więcej, w zależności od projektowanej geometrii garażu. Z tego powodu w większości przypadków w Polsce projektowane są systemy oczyszczania z dymu o wydajności rzędu 160 000–200 000 m³/h, które nie gwarantują ograniczenia w rozchodzeniu się zadymienia,

a jedynie pozwalają obniżyć temperaturę gazów pożarowych gromadzonych wewnątrz garażu. A rozwiązanie to, jak wspomniano powyżej, może powodować problemy z szybką lokalizacją miejsca pożaru i tym samym grozi jego niekontrolowanym rozwojem na kolejne samochody.

Kryteria oceny skuteczności

1. Zasięg widzialności na wysokości 1,8 m nad poziomem posadzki nie powinien być mniejszy niż 10 m w czasie ewakuacji ludzi.
2. Temperatura na wysokości 1,8 m nad poziomem posadzki nie powinna być wyższa niż 60°C w czasie ewakuacji ludzi.
3. Co najmniej jedna droga ewakuacyjna powinna pozostawać wolna od zadymienia przez cały czas ewakuacji ludzi z garażu.
4. Temperatura gazów pożarowych na wysokości 1,5 m nad poziomem posadzki, w odległości 15 m od źródła ognia nie może przekraczać 120°C po uzyskaniu przez pożar maksymalnej mocy projektowej przy jednoczesnym uwzględnieniu czasu podjęcia działań ratowniczo-gaśniczych.
5. Gazy pożarowe powinny zostać utrzymane przez cały czas trwania pożaru projektowego w obrębie strefy dymowej, w której wystąpił pożar. Wymóg nie dotyczy garaży z jedną strefą dymową.

W komentarzu autorzy zwracają uwagę, że zaprojektowanie garażu w sposób umożliwiający ewakuację ludzi jest kluczowym celem projektowym. Istnieje ryzyko, że osoby, które nie będą się znajdowały bezpośrednio w strefie dymowej, w której powstał pożar, zareagują na zagrożenie po dłuższym czasie rozpoznania, dlatego istotne jest, żeby zadziałanie SWS zapewniło możliwość ewakuacji do co najmniej jednego wyjścia ewakuacyjnego. Wymóg ten jest istotny przede wszystkim w przypadku projektowania systemów jednokierunkowych, gdzie zadymienie wyjść ewakuacyjnych następuje relatywnie szybko.

Z kolei kryteria dotyczące gazów pożarowych są istotne w kontekście wejścia ekip ratowniczo-gaśniczych. Do sprawdzenia skuteczności utrzymywania gazów pożarowych w obrębie strefy dymowej zalecane jest stosowanie symulacji komputerowych. Z analiz wynika, że głównym czynnikiem powodującym skuteczne utrzymanie zadymienia jest odpowiednia konfiguracja nawiewów i równomierna dystrybucja powietrza z sąsiednich stref dymowych, a zatem niepoprawne ukierunkowanie strumienia powietrza nawiewanego może spowodować efekt odwrotny, powodując zadymienie więcej niż jednej strefy dymowej.

Kolejne rozdziały zawierają szerokie i szczegółowe wymagania dla poszczególnych elementów SWS: stref dymowych, układów wyciągowych, czerpni i wyrzutni pożarowych, otworów kompensacyjnych, bram wyjazdowych, wentylatorów strumieniowych i ich klas temperaturowych oraz systemów detekcji pożaru i sterowania, a także zasilania elektrycznego, platform wielopoziomowego parkowania, współdziałania SUG z wentylacją strumieniową

oraz stanowisk ze stacjami ładowania pojazdów elektrycznych. Z uwagi na dużą objętość niektórych rozdziałów, poniżej przedstawiono jedynie główne zalecenia.

Strefy dymowe

Powierzchnia pojedynczej strefy dymowej nie może przekraczać 2500 m². Długość boku zbiornika dymu nie powinna być większa niż 60 m w każdym kierunku. Na granicy stref dymowych zaleca się stosowanie kurtyn dymowych w klasie D₆₀₀ 60 lub przegród dymowych EI 60. Dopuszcza się instalowanie urządzeń i elementów SWS bezpośrednio w kurtynach lub przegrodach dymowych, np. wentylatorów strumieniowych na granicy stref dymowych. Z każdej strefy dymowej musi istnieć możliwość ewakuacji bezpośrednio na zewnątrz, do innej strefy pożarowej lub do bezpiecznego miejsca.

Wydażność układu wyciągowego

Wydażność wyciągu SWS musi zostać dobrana w sposób zapewniający ograniczenie zadymienia do strefy dymowej, w której wystąpił pożar, i powinna uwzględniać kryterium obniżenia temperatury. W przypadku braku stałego urządzenia gaśniczego minimalna wydażność wyciągu SWS powinna być większa lub równa 120 000 m³/h, przy jednoczesnym uwzględnieniu wymogu doboru zapewniającego ograniczenie zadymienia do strefy dymowej, w której wystąpił pożar. Prędkość powietrza na kratkach wyciągowych nie powinna przekraczać 8 m/s, przy czym dopuszcza się 12 m/s.

Metoda szacowania wydażności przedstawiona została w załączniku do wytycznych. Aby uniemożliwić powstawanie zbyt wysokich temperatur, autorzy zalecają wydażność wyciągu nie mniejszą niż 120 000 m³/h, co skutecznie uniemożliwi powstanie temperatury większej niż 400°C, oddziałującej na wentylatory wyciągowe w razie pożaru projektowego 8 MW. Ograniczenie temperatury gazów pożarowych zabezpieczy również przed powstaniem zjawiska rozgorzenia, które mogłoby być szczególnie niebezpieczne dla ekip ratowniczo-gaśniczych.

Czerpnie i wyrzutnie pożarowe

We wstępie do tego rozdziału autorzy przypominają, że aktualnie polskie przepisy techniczno-budowlane nie podają jednoznacznych wymagań dotyczących odległości czerpni i wyrzutni pożarowych dachowych, elewacyjnych czy też terenowych względem sąsiednich budynków, stref pożarowych, dróg komunikacji ogólnej czy innych elementów infrastruktury. Bezpośrednie połączenie przestrzeni garażu oraz czerpni lub wyrzutni pożarowej powoduje, że elementy te są częścią garażu. W takim przypadku zasadne wydaje się zastosowanie ogólnych przepisów określających odległości pomiędzy budynkiem PM o obciążeniu ogniowym nieprzekraczającym 500 MJ/m² (garaż) a innymi budynkami. Autorzy wskazują, że wykorzystali również normę belgijską NBN S 21-208-2:2014, która definiuje wymagania dotyczące odległości wyrzutni od innych elementów budynku w sposób

chroniący przed rozprzestrzenianiem się pożaru. Rozdział ten zawiera 15 punktów określających wymagania dla czerpni i wyrzutni. Zawarto w nim też wymóg, by odrębną strefę pożarową stanowiły pomieszczenia, w których umieszczone są maszynownie wentylacji, rozdzielnice elektryczne i zasilające oraz niezbędne podczas pożaru instalacje i urządzenia.

Otwory kompensacyjne mechaniczne i grawitacyjne

Rozdział zawiera 8 punktów, w których podano wymagania projektowe dla szachtów oraz krat grawitacyjnych i mechanicznych, a także maksymalne prędkości powietrza na drogach ewakuacyjnych i dla wyciągów.

Bramy wjazdowe

W rozdziale tym zawarto wymagania bardzo ważne dla działania ekip ratowniczo-gaśniczych. Autorzy wskazują, że brama wjazdowa w wielu przypadkach projektowych może być najlepszą drogą prowadzenia rozpoznania i działań ratowniczo-gaśniczych. Wykorzystanie bramy wjazdowej jest uzasadnione jedynie w przypadku pożaru na poziomie, na który prowadzi brama. Gaszenie poziomów niższych lub wyższych wiązałoby się z koniecznością budowania bardzo długiej linii gaśniczej oraz ryzykiem zadymienia kolejnych kondygnacji garażu i pogorszeniem warunków prowadzenia akcji ratowniczo-gaśniczej.

W wytycznych zawarto zalecenia dotyczące automatycznego otwarcia bramy w momencie wystąpienia alarmu II stopnia oraz stosowania zasilania bram przed wyłącznikiem przeciwpożarowym. W komentarzach autorzy wskazują, że bramy warto wyposażać w rozwiązania techniczne dające możliwość jej otwarcia lub zamknięcia przez kierującego działaniami ratowniczo-gaśniczymi, np. poprzez wyprowadzenie przycisku umożliwiającego otwarcie bramy z pomieszczenia ochrony lub pomieszczenia, w którym znajduje się centrala SSP, albo za pomocą łącznika (stacyjki) uruchamianego kluczem o profilu trójkątnym, będącym na wyposażeniu PSP.

Wentylatory strumieniowe

We wstępie do tego rozdziału autorzy podkreślają, że głównym zadaniem wentylatorów strumieniowych jest odpowiednie ukierunkowanie powietrza do punktów wyciągowych SWS. O skuteczności ich działania stanowi zdolność do usuwania zadymienia oraz kompensowania powietrza.

Wytyczne zalecają zastosowanie w wentylatorach strumieniowych deflektorów nawiewanego powietrza w celu uniknięcia efektu Coandy. Ich rozmieszczenie w garażu powinno zapobiegać powstawaniu tzw. martwych stref, spód wentylatora powinien się znajdować na wysokości 2,0–2,5 m nad poziomem posadzki. Lokalizowanie wentylatorów strumieniowych relatywnie jak najniżej pozwala bowiem na efektywniejsze wykorzystanie strumienia nawiewanego powietrza.

Klasy temperaturowe wentylatorów, przewodów i klap

We wstępie do tego rozdziału autorzy wskazują, że klasa temperaturowa wentylatorów oddymiających powinna być ściśle powiązana z warunkami pożarowymi panującymi wewnątrz zabezpieczanej strefy budynku. W większości przypadków stosowanie wentylatorów w klasie temperaturowej wyższej niż F400 nie ma uzasadnienia, ponieważ powstanie wyższych temperatur oznacza niepoprawne zaprojektowanie SWS lub jego działania. Standardy zagraniczne zalecają zastosowanie wentylatorów wyciągowych F300. Autorzy sugerują oszacowanie klasy temperaturowej wentylatorów głównych wyciągowych na dachu na podstawie obliczeń zgodnie z załącznikiem nr 2 wytycznych albo symulacji komputerowych.

Z kolei klasę wentylatorów głównych wyciągowych w pomieszczeniu wentylatorni na poziomie garażu lub terenu zaleca się wyznaczać w oparciu o wyniki symulacji komputerowych, gdyż jest to metoda umożliwiająca jednostkowe podejście do każdego przypadku. Wytyczne zawierają także szereg szczegółowych zaleceń dotyczących zastosowania wodnych instalacji gaśniczych. Przewody wentylacji oddymiającej i kłapy powinny odpowiadać co najmniej wymaganiom zawartym w WT.

Detekcja pożaru i sterowanie

Rozdział zawiera szczegółowe zalecenia dla alarmów I oraz II stopnia – ich wywołania i sekwencji działania systemów ostrzegawczych i wentylacyjnych (bytowych i pożarowych).

Zasilanie elektryczne

To obszerny fragment wytycznych z zaleceniami dotyczącymi czasu gwarantowanej niezawodności zasilania, wydzielania obwodów oraz podstawowych i rezerwowych źródeł zasilania.

Platformy do wielopoziomowego parkowania samochodów

We wstępie do tego rozdziału autorzy wskazują, że aktualne przepisy techniczno-budowlane nie regulują problematyki wielopoziomowego parkowania samochodów w garażach zamkniętych. A brak formalnych regulacji w tym zakresie powoduje wiele problemów projektowych, co pośrednio przekłada się na bezpieczeństwo pożarowe budynku. Wytyczne zalecają zatem, żeby w przypadku stosowania dwupoziomowych platform parkingowych przyjmować pożar minimum czterech samochodów o mocy nie mniejszej niż 16 MW. W sytuacji zastosowania platform parkingowych o liczbie poziomów większej niż dwa moc pożaru powinna być określana indywidualnie. Podano także miejsca sytuowania wentylatorów strumieniowych i zalecono dodatkowe stosowanie wodnych instalacji gaśniczych.

Współdziałanie samoczynnego urządzenia gaśniczego z wentylacją strumieniową

Autorzy zwracają uwagę, że obecnie żadne standardy, dotyczące projektowania zarówno wentylacji oddymiającej, jak i samoczynnych urządzeń gaśniczych, nie odnoszą się wprost do problematyki współdziałania systemu wentylacji strumieniowej z instalacją gaśniczą. Jednak aktywacja SWS nie pozostaje bez wpływu na jej działanie, co może powodować zakłócenia w poprawnej lokalizacji pożaru oraz efektywnym działaniu instalacji gaśniczej. Wytyczne zalecają zatem uwzględnienie czasu zwłoki w uruchomieniu wentylatorów strumieniowych względem instalacji wodnej gaśniczej. Otwarcie tryskacza powinno nastąpić przed uruchomieniem wentylatorów strumieniowych. Czas aktywacji tryskacza należy oszacować na podstawie obliczeń empirycznych lub numerycznych. W zależności od rodzaju budynku powiązanego funkcjonalnie z garażem można rozważyć uruchomienie głównych wentylatorów nawiewnych i wyciągowych bezzwłocznie po wystąpieniu alarmu II stopnia wywołanego przez SSP. Dla instalacji tryskaczowej zaleca się przyjęcie powierzchni działania powiększonej o 100% względem wytycznych w standardzie, na podstawie którego projektowany jest system. W scenariuszu pożarowym należy przewidzieć automatyczne wyłączenie wentylacji bytowej w alarmie I stopnia wywołanym przez SSP.

Stanowiska ze stacjami ładowania pojazdów elektrycznych

Nie można jednoznacznie wskazać, że parkowanie w garażach zamkniętych samochodów elektrycznych zwiększa prawdopodobieństwo wystąpienia pożaru w porównaniu z samochodami z konwencjonalnym silnikiem spalinowym. Jednak podczas projektowania należy wziąć pod uwagę następujące hipotezy: krzywa rozwoju mocy pożaru może być różna dla każdego przypadku pożaru samochodu elektrycznego, dynamika rozwoju pożaru w pierwszej fazie jest dużo wyższa, rozwój pożaru na kolejne samochody elektryczne może być zainicjowany relatywnie niskimi temperaturami, powodując przegrzanie ogniwa, obecne zabezpieczenia przeciwpożarowe garaży mogą się okazać niewystarczające, a proces gaszenia samochodów elektrycznych wymaga dłuższych działań zastępów PSP.

Dla działań ratowniczo-gaśniczych istotne jest odpowiednie lokalizowanie miejsc postojowych pojazdów elektrycznych z funkcją ładowania. Chodzi głównie o możliwość relatywnie łatwego dostarczenia do pożaru, jak również późniejszego usunięcia pojazdu z garażu.

W wytycznych zawarto zatem dwa krótkie zalecenia:

1. Podczas projektowania SWS należy uwzględnić szybszy przyrost mocy pożaru w pierwszej fazie rozwoju.
2. Zaleca się lokalizowanie miejsc postojowych [z funkcją ładowania – red.] na zewnątrz budynku w przypadku garaży z windą samochodową.

Dokument obejmuje także trzy załączniki: *Określanie wydajności wyciągu pożarowego; Określanie klasy temperaturowej wentylatorów wyciągowych oraz Procedura odbiorowa*. Zamyka je obszerny wykaz literatury.

opr. red.

Wytyczne projektowe opracował zespół specjalistów ze Szkoły Głównej Służby Pożarniczej, Politechniki Warszawskiej i Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Pożarnictwa: mgr inż. Matusz Fliszkiewicz, dr inż. Małgorzata Majder-Łopatka, dr hab. inż. Andrzej Polańczyk, dr hab. inż. Wioletta Rogula-Kozłowska, mgr inż. Antoni Celej, mgr inż. Jan Czajkowski, dr inż. Tomasz Klinke, mgr inż. Ireneusz Kopczyński, mgr inż. Damian Kubera, mgr inż. Karol Mojski, mgr inż. Edward Skiepkó, mgr inż. Janusz Woźniak.

Dostępne pod adresem: https://www.sgsp.edu.pl/?page_id=24172



Literatura

1. Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane (DzU 1994, nr 89, poz. 414, z późn. zm.)
2. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (DzU 2002, nr 75, poz. 690, z późn. zm.)
3. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (DzU 2010, nr 109, poz. 719, z późn. zm.)
4. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 17 czerwca 2011 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać obiekty budowlane metra i ich usytuowanie (DzU 2011, nr 144, poz. 859)
5. NBN S 21-208-2:2014: *Fire protection in buildings – Design of smoke and heat exhaust ventilation systems for enclosed car park*, 2014
6. NEN 6098:2012: *Smoke control systems for powered smoke exhaust ventilators in car parks*, 2012
7. BS 7346-7:2013: *Components for smoke and heat control systems – Part 7: Code of practice on functional recommendations and calculation methods for smoke and heat control systems for covered car parks*, 2013
8. *Wytyczne projektowe dla wentylacji strumieniowej garaży zamkniętych*, „Rynek Instalacyjny” 1–2/2022, rynekinstalacyjny.pl

Robert Zapala

dyrektor techniczny NEURON Sp. z o.o. Sp.K.

Inteligentny garaż podziemny – zasilanie i sterowanie wentylacją bytową i pożarową oraz systemami monitoringu

Inteligentne budynki wymagają inteligentnych rozwiązań i systemów także w garażach podziemnych, tym bardziej że od ich skutecznego działania zależy życie ludzi i bezpieczeństwo mienia. Odpowiedni dobór niezbędnych systemów, jakość ich wykonania oraz wzajemne połączenie i wymiana danych są kluczowe dla zapewnienia komfortu i bezpieczeństwa nie tylko w przypadku garażu, ale i całego budynku oraz jego użytkowników.

Bardzo dużo mówi się w ostatnim czasie o inteligentnych budynkach, pasywnym budownictwie i możliwościach automatyki kontrolno-sterującej zarówno w kontekście korzyści materialnych dla inwestora i użytkownika, jak i ochrony środowiska, a także zwiększenia komfortu użytkowania obiektów.

Jednym z elementów nowoczesnego budynku użyteczności publicznej czy mieszkaniowego jest jego garaż – ze względu na oszczędność miejsca i terenu lokalizowany na kondygnacjach podziemnych. Umieszczenie garażu wpływa bezpośrednio na dodatkowe wymagania, jakie musi on spełniać – abstrahując od wymogów dotyczących konstrukcji pod kątem wytrzymałościowym czy odporności ogniowej, dotyczą one w szczególności rodzaju, budowy i liczby instalacji, które muszą zostać wykonane, aby podziemny garaż był bezpieczny i wygodny w codziennym użytkowaniu.

Do instalacji takich zaliczamy przede wszystkim systemy: sygnalizacji pożarowej, wentylacji bytowej i pożarowej wraz z systemem detekcji szkodliwych i niebezpiecznych gazów (CO, LPG), monitoringu wizyjnego i termowizyjnego, kontroli dostępu, zajętości miejsc parkingowych oraz oświetlenia. Oczywiście najbardziej pożądana jest sytuacja, gdy wszystkie te instalacje kontrolowane są przez jeden, nadrzędny system monitoringu i kontroli, taki jak BMS (Building Management System) czy SIUP (System Integrujący Urządzenia Przeciwpowozarowe), czyli wersja BMS dopuszczona do stosowania w ochronie przeciwpożarowej (posiadająca wymagane przepisami dopuszczenia i certyfikaty w pierwszym systemie oceny i weryfikacji stałości właściwości użytkowych).

Robert Zapala

specjalista w zakresie zasilania i sterowania urządzeniami ppoż. oraz systemami wentylacyjnymi i gaśniczymi
dyrektor techniczny
Neuron – Grupa TECH



O systemach BMS czy SIUP pisano już wiele, dlatego tematem niniejszego opracowania są systemy i instalacje niezbędne do prawidłowego i bezpiecznego funkcjonowania garaży podziemnych, a także zwiększające komfort i funkcjonalność ich codziennej eksploatacji.

System sygnalizacji pożarowej (SSP)

Pierwszym niezbędnym systemem bezpieczeństwa, choć nie w każdym garażu (budynku) wymaganym, jest system sygnalizacji pożarowej. Jest on odpowiedzialny za wczesne wykrycie zagrożenia pożarowego w danej strefie, zaalarmowanie odpowiednich służb (budynkowych oraz Państwowej Straży Pożarnej poprzez system transmisji alarmu pożarowego), a następnie zainicjowanie niezbędnych akcji i sterowań dla innych systemów bezpieczeństwa pożarowego, takich jak system sterowania i zasilania systemów kontroli rozprzestrzeniania dymu i ciepła, dźwiękowy system ostrzegawczy czy system kontroli dostępu.

W skład systemu sygnalizacji pożarowej wchodzi: centrala, czujki dymu (i ciepła), ręczne ostrzegacze pożarowe, sygnalizatory optyczne i akustyczne oraz karty wejść i wyjść (zwane również elementami liniowymi). Za wykrycie zagrożenia pożarowego na jak najwcześniejszym etapie odpowiedzialne są bezpośrednio czujki dymu i ciepła. Natomiast w budynkach i garażach można dodatkowo wspomóc się systemem kamer termowizyjnych – jest to obecnie często stosowane w obiektach, w których na bezpieczeństwo kładzie się duży nacisk. Takie rozwiązania i aplikacje są coraz tańsze i zyskują na popularności ze względu na swoje zalety i szeroką funkcjonalność. Obejmują nie tylko sprzęt (hardware), ale również odpowiednie oprogramowanie (software), które może być zarówno częścią samej kamery, jak i aplikacji kontrolno-sterującej, co daje już dziś bardzo duże możliwości. Kamery termowizyjne mają zazwyczaj dwa obiektywy (dwie matryce) – termowizyjny o niskiej rozdzielczości i wizyjny o rozdzielczości wysokiej. Oba sygnały są na siebie nakładane i na obrazie z kamery widzimy zróżnicowanie temperatury obiektów, a także ich kształty. Obraz taki analizowany jest przez oprogramowanie samej kamery lub systemu nadzorującego – najczęściej ze sztuczną inteligencją – dzięki czemu sygnały alarmowe mogą



Centrala sterująco-zasilająca urządzeniami przeciwpożarowymi

być generowane automatycznie. Dodatkowo system termowizyjny i wizyjny umożliwia zweryfikowanie zagrożenia przez obsługę obiektu.

W przeciwieństwie do czujek dymu (i ciepła), które potrafią wykryć zagrożenie pożarowe, tylko gdy pojawi się dym lub odpowiednio wysoka temperatura w samej czujce, system kamer termowizyjnych umożliwia wykrycie potencjalnego zagrożenia generowanego przez poruszające się lub pozostawione w garażu podziemnym samochody. W przypadku awarii układów elektrycznych, paliwowych czy hamulcowych samochodu (kiedy ciepło generowane jest jeszcze przed pojawieniem się dymu i płomienia), sensor termowizyjny może zgłosić obsłudze obiektu zagrożenie, dając tym samym szansę jego eliminacji, zanim dojdzie do pożaru. Dodatkowo dzięki termowizji i zaimplementowanemu inteligentnemu oprogramowaniu można w garażu bardzo łatwo wykryć nie tylko obecność człowieka, ale i przybranie przez niego nienaturalnej pozycji (kiedy np. leży na posadzce na skutek zasłabnięcia). W przypadku zagrożenia pożarowego daje też możliwość sprawdzenia, czy w danym pomieszczeniu znajduje się użytkownik, do którego trzeba dotrzeć w pierwszej kolejności. Algorytmy wykrywające obecność ludzi stają się więc najbardziej pożądanymi i najszybciej rozwijającymi aplikacjami w dziedzinie termowizji pod kątem zastosowania w budownictwie.

Dźwiękowy system ostrzegawczy (DSO)

Drugim systemem z kategorii przeciwpożarowej, montowanym zarówno w garażach podziemnych, jak i w całym budynku, jest dźwiękowy system ostrzegawczy (DSO). Dzięki strefowemu sygnałowi pożarowemu aplikacje dają w przypadku tego systemu możliwość uruchomienia automatycznego komunikatu głosowego o potrzebie ewakuacji z zagrożonej strefy, informując dodatkowo o dostępnych drogach ewakuacyjnych. Jeżeli w garażu funkcjonuje także wcześniej wspomniany system wizyjny czy termowizyjny i wiemy, że w zagrożonej przestrzeni może się znajdować człowiek, DSO poprzez panel ręcznego sterowania pozwala wystosować do tej osoby indywidualne komunikaty głosowe i skierować do bezpiecznego wyjścia ewakuacyjnego.

W inteligentnym budynku, którego garaż jest częścią, przemyślane zaprojektowanie i montaż systemów musi obejmować ich wzajemne zestrojenie i współpracę, aby w razie zagrożenia możliwa była odpowiednia reakcja na zmieniającą się dynamicznie sytuację, co ma znaczący wpływ na bezpieczną ewakuację. Ważne jest zatem nie tylko spełnienie przepisów bezpieczeństwa pożarowego, ale również korzystanie z instalacji, systemów i wyposażenia podążającego za rozwojem i aktualnym stanem wiedzy i techniki.

Dynamiczne oświetlenie ewakuacyjne

Przykładem nowej technologii w zakresie bezpieczeństwa pożarowego i ewakuacji może być dynamiczne oświetlenie ewakuacyjne (nieobjęte wymaganiami norm), które dzięki zmiennym symbolom

graficznym w znakach świetlnych pozwala skierować użytkowników garażu nie tylko do najbliższego wyjścia ewakuacyjnego, ale przede wszystkim do wyjścia **bezpiecznego**. Umieszczone w posadzce znaki kierunkowe o dynamicznej iluminacji zapewniają dodatkowo lepszą ich widzialność w przypadku dużego zadymienia i konieczności ewakuowania się użytkowników „na czworakach”, a taka sytuacja może się zdarzyć przy niskim pułapie dymu lub po załączeniu wentylatorów strumieniowych, które powodują zmniejszenie temperatury podstropowej gazów pożarowych, ale równocześnie zadymiają całą strefę. Należy pamiętać o zależności między dynamicznym oświetleniem ewakuacyjnym i systemem kontroli dostępu, który pozwoli udroźnić bezpieczne wyjścia (zwołać rygle), ale równocześnie powinien zablokować wyjścia, które z jakiegoś powodu prowadzą w niebezpieczne rejony. Ważne jest zatem, aby wszystkie powyższe systemy były połączone systemem integrującym, nad którym czuwa odpowiednio przeszkolony operator, który dzięki systemowi wizyjnemu czy termowizyjnemu, a także DSO, kontroli dostępu i dynamicznemu oświetleniu ewakuacyjnemu będzie w stanie odpowiednio zarządzać ewakuacją.

Systemy wentylacyjne

Inteligentne i nowoczesne rozwiązania ochrony przeciwpożarowej w garażach podziemnych w znacznym stopniu zwiększają bezpieczeństwo i ułatwiają pracę służbom utrzymania budynku w przypadku codziennej eksploatacji, wykrywania potencjalnego zagrożenia czy niebezpieczeństwa oraz ewakuacji, są także pomocne dla służb ratowniczo-gaśniczych. Bardzo duże znaczenie ma system wentylacji, a przede wszystkim jego zasilanie i sterowanie. Taki zaprogramowany system ma w sytuacji zagrożenia odpowiednie algorytmy pracy, zależne od strefy (i kondygnacji), w której wykryto zagrożenie. Większość garaży jest dziś podzielona na strefy i w zależności od miejsca, w którym wykryte zostanie zagrożenie pożarowe, oddzielane są obszary bezpieczne od przestrzeni objętej pożarem (za pomocą klap przeciwpożarowych, bram przeciwpożarowych czy ruchomych kurtyn dymowych). Następnie, w odpowiednim kierunku, w zaprogramowanej sekwencji i z zadaną wydajnością uruchamiane są wentylatory oddymiające, kompensacyjne i przetłaczające (strumieniowe) i utrzymywane w tym stanie, dokąd zagrożenie występuje. Pożar natomiast jest zjawiskiem bardzo dynamicznym, a jego rozwój i rozprzestrzenianie się są często trudne do przewidzenia. Dlatego coraz częściej mówi się o możliwości ręcznego sterowania systemem wentylacji, co pozwala mieć wpływ na jego efektywność, a tym samym na poziom bezpieczeństwa ekip gaśniczych i ochronę mienia.

Centrale sterująco-zasilające

Obecnie systemy sterowania urządzeniami przeciwpożarowymi w garażach podziemnych oparte są na mikroprocesorowych, programowalnych kontrolerach (zwanymi modułami

kontrolno-sterującymi lub centralami sterującymi), a w kontekście zasilania na układach stycznych oraz przetwornicach częstotliwości. Połączenie tych podzespołów daje szerokie możliwości sterowania i zasilania wraz z wieloma algorytmami pracy (w zależności od strefy zagrożenia pożarowego), a połączenie z systemem integrującym pozwala na ręczne zmiany nastaw nawet w czasie pracy systemu w trybie pożarowym. Dodatkowo centrale sterująco-zasilające wyposaża się często w dotykowe panele HMI, umieszczone na obudowie i umożliwiające ręczne sterowanie urządzeniami wykonawczymi (wentylatorami, klapami wentylacji pożarowej, bramami itp.). Aby jednak odpowiedzieć sobie na pytanie, czy możemy lub czy powinniśmy ręcznie sterować wentylacją pożarową w garażu podziemnym w trakcie akcji ratowniczo-gaśniczej, musimy dokonać ogólnej analizy charakterystyki budowy i pracy urządzeń przeciwpożarowych w garażu podziemnym.

Wentylatory

Pierwszym elementem instalacji w garażu są oczywiście wentylatory oddymiające i kompensacyjne. Są to urządzenia o średnicy najczęściej od 0,8 do 1,5 m i mocy od 22 do 55 kW, ich bezwładność jest zatem bardzo duża. W przypadku zasilania przez przetwornice częstotliwości wentylatory takie rozpędzają się w ciągu jednej-dwóch minut, a zatrzymują po ok. trzech-czterech minutach. Natomiast w przypadku rozruchu stycznego typu gwiazda/trójkąt rozpędzanie się urządzeń trwa ok. dwadzieścia sekund, a zatrzymanie nawet pięć minut (nie ma możliwości hamowania wentylatora przeciwnie do przetwornicy częstotliwości). Z tego powodu w przypadku sterowania ręcznego należy pamiętać, że zatrzymanie pracującego układu i załączenie go w drugim kierunku spowoduje kilkuminutową przerwę w funkcjonowaniu systemu, a tym samym w oddymianiu i obniżaniu temperatury nie tylko w strefie objętej pożarem, ale i w całym garażu.

W przypadku wentylatorów strumieniowych, urządzeń o średnicy do 0,4 m i mocy do 1,5 kW, problem ten nie występuje, ponieważ ich rozpędzanie i zatrzymywanie trwa od kilku do kilkunastu sekund. Zmiana biegu (są to często wentylatory dwubiegowe) czy kierunku w porównaniu z wentylatorami głównymi (oddymiającymi i kompensacyjnymi) nie trwa długo, więc możliwe jest ręczne sterowanie ich pracą.

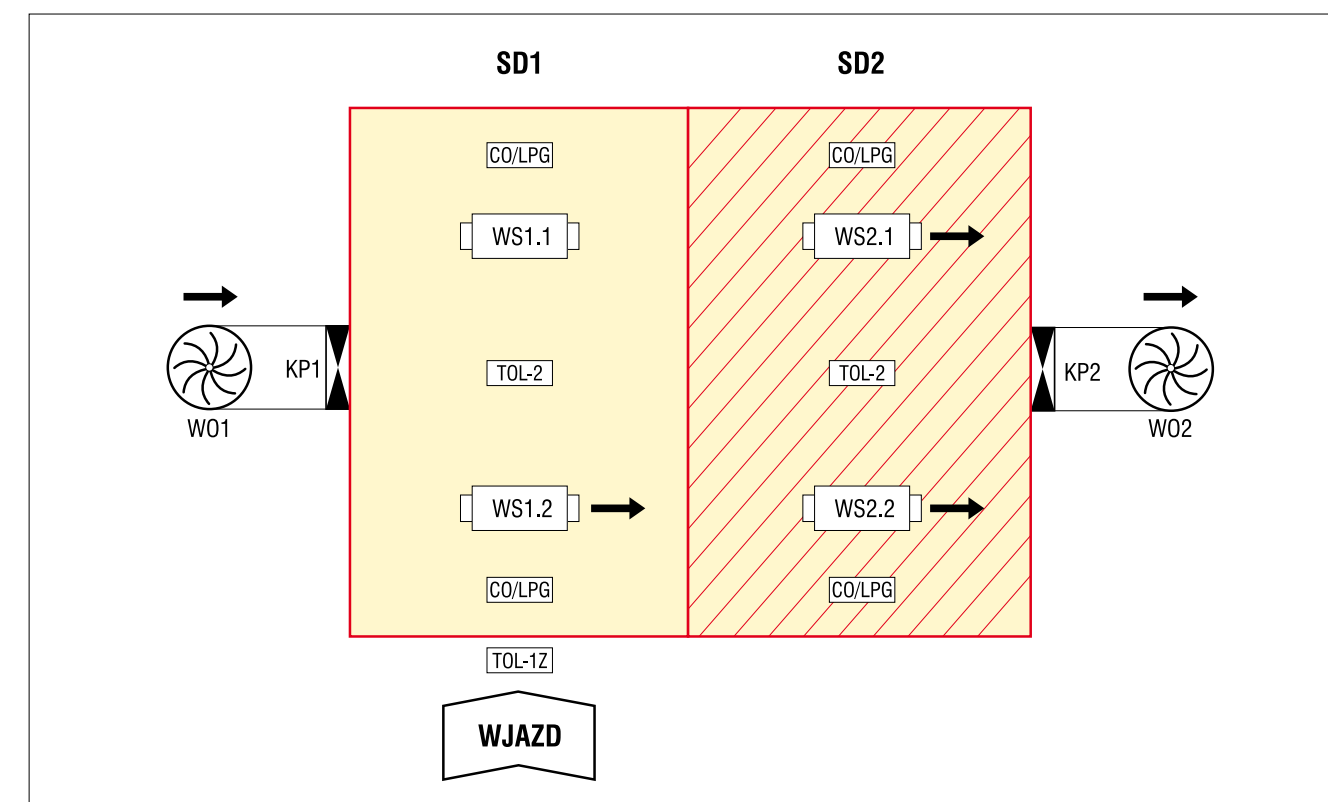
Klapy wentylacji pożarowej

Kolejnym bardzo istotnym elementem systemów wentylacji pożarowej i zabezpieczenia garażu podziemnego przed skutkami pożaru są klapy wentylacji pożarowej. Urządzenia te zbudowane są z blachy stalowej, ruchomej, izolacyjnej płyty ceramicznej oraz układu napędowego z siłownikiem. Ręczne sterowanie klapami polega na umożliwieniu operatorowi ich otwarcia lub zamknięcia. Należy jednak pamiętać, że jeśli klapy były już narażone na oddziaływanie wysokiej temperatury, to te, które zostały otwarte, najprawdopodobniej nie będą w stanie się zamknąć, a klapy, które były

zamknięte, nie będą mogły się otworzyć. Ma to związek z możliwością uszkodzenia napędu pod wpływem wysokiej temperatury, zwiększenia objętości uszczelnień pęczniejących, szczelnie wypełniających nieszczelności klapy i zapewniających izolacyjność ogniową, dymową i temperaturową, a także odkształcenia samej konstrukcji lub układu przeniesienia napędu. Dlatego ręczne przestawianie klap wentylacji pożarowej w trakcie pożaru nie wchodzi w grę – są to urządzenia, które powinny przyjąć położenie pożarowe w pierwszej fazie zagrożenia, gdy temperatura nie będzie wyższa niż 100–120°C.

Panele operatorskie

Biorąc pod uwagę powyższe informacje, ręczne sterowanie – o ile zostało założone i jest wymagane – powinno się ograniczać do ewentualnej zmiany prędkości wentylatorów oddymiających i kompensacyjnych sterowanych z przetwornic częstotliwości czy ich zatrzymania lub wstrzymania pracy wentylatorów strumieniowych. Decyzję o takim kroku może podjąć jedynie osoba kierująca akcją ratowniczo-gaśniczą, a jego realizacja powinna być umożliwiona nie w pomieszczeniu obsługi, do którego i tak w ferworze walki z pożarem nie będzie można wejść, ale w pobliżu wejścia czy bramy do garażu. Taką możliwość dają panele dotykowe HMI połączone z centralą sterującą przez protokół komunikacji (oczywiście trasą E90), zainstalowane w pobliżu miejsc, przez które ekipy ratowniczo-gaśnicze będą wchodziły do objętego pożarem garażu. W Europejskim Komitecie



Rys. Przykładowa wizualizacja panelu operatorskiego

Normalizacyjnym (CEN) trwają obecnie prace nad wytycznymi dotyczącymi paneli operatorskich systemów garaży podziemnych. Jednak dokąd takie wytyczne nie powstaną, działanie urządzeń przeciwpożarowych powinno się opierać na wiedzy inżynierskiej i doświadczeniu wynikającym ze znajomości zagadnień związanych z systemami sterowania i zasilania ppoż. dla obiektów tego typu. Przede wszystkim panele operatorskie powinny znajdować się przy każdym wejściu (dla ekip ratowniczo-gaśniczych) do garażu, dodatkowo zabezpieczone przed ingerencją osób niepowołanych (np. w obudowie zamykanej na klucz, dostępny po zbitciu szybki, jak w przypadku hydrantów). Na takim panelu operatorskim ekipy ratowniczo-gaśnicze powinny znaleźć informację, w której strefie występuje zagrożenie pożarowe, które wentylatory działają i w jakim kierunku pracuje system, a także mieć możliwość ewentualnej zmiany wydajności systemu (zwiększenie lub zmniejszenie) oraz wyłączenia poszczególnych wentylatorów – jeżeli kierujący akcją ratowniczo-gaśniczą uzna, że jest to konieczne. Rozwiązanie z panelami operatorskimi jest aplikacją bardzo pożądaną, zwiększającą bezpieczeństwo budynku, garażu i ekip straży pożarnej, ale jeszcze niestosowaną w praktyce. Przykładową wizualizację panelu operatorskiego przedstawiono na rys.

Systemy detekcji gazów

Z wentylacją garażu podziemnego nierozdzielnie wiąże się również system detekcji niebezpiecznych i szkodliwych gazów, takich jak tlenek węgla (CO) oraz gaz służący jako paliwo samochodowe (LPG). Ze względu na fakt, że tlenek węgla ma tylko nieco mniejszą gęstość od powietrza, detektory CO montuje się na wysokości ok. 1,5 m, natomiast detektory LPG na wysokości ok. 0,2 m (gaz ten jest cięższy od powietrza). W przypadku detekcji gazów nie możemy mówić o zasięgu, ponieważ każdy detektor mierzy stężenie punktowo. Rozmieszczenie tych urządzeń zależy od zjawiska dyfuzji gazu w powietrzu – na ogół przyjmuje się jeden detektor na ok. pięć miejsc postojowych.

Zaletą stosowania systemu detekcji, zarówno CO, jak i LPG, jest zmniejszenie zagrożenia dla osób przebywających w garażu (CO jest gazem groźnym dla życia i zdrowia człowieka), a także niwelacja zagrożenia wybuchem (LPG jest gazem palnym, wybuchowym). Działanie systemu detekcji w powiązaniu z wentylacją polega na wykrywaniu progów stężenia (dwóch lub trzech) i załączaniu wentylacji w strefach zagrożenia, z prędkością zależną od wykrytego progu (przy wyższym progu wentylacja uruchamia się na wyższym biegu). Dodatkowo przy drugim lub trzecim progu stężenia zapalają się tablice ostrzegawcze, często z sygnalizatorami akustycznymi informującymi o zakazie wjazdu do garażu, konieczności jego opuszczenia czy zakazie wejścia do garażu. Najczęściej system wentylacji na określonym biegu załączany jest w całym garażu, natomiast w przypadku bardziej wyrafinowanych, inteligentnych rozwiązań możliwe jest przypisanie detektorów do stref wentylacji (im mniejsze, tym lepiej) i załączenie wentylatorów strumieniowych tylko w strefie zagrożenia (wentylatory główne muszą pracować tak samo). Zmniejsza to poziom hałasu w garażu, a także

zużycie energii elektrycznej, a dodatkowo informacja może zostać wysłana do systemu SIUP czy BMS i obsługa budynku dowiaduje się o zagrożeniu w danej strefie i może podjąć interwencję, jeśli z jakiegoś powodu utrzymuje się ono zbyt długo.

Strefy i drzwi pożarowe

Oprócz miejsc postojowych w garażach podziemnych w budynkach występują również pomieszczenia maszynowni, komórki lokatorskie, pomieszczenia magazynowe, przedsionki pożarowe itp. Pomieszczenia te są wydzielone pożarowo, a dostęp do nich zabezpieczony jest drzwiami o wymaganej odporności ogniowej (niektóre zamykane są na klucz lub mają kontrolę dostępu, inne umożliwiają swobodne przemieszczanie się – np. drzwi na drogach ewakuacyjnych). Niestety drzwi te często pozostają niezamknięte (ze względu na ingerencję osób trzecich, często bywają np. podpierane gaśnicą), a tym samym nie spełniają swojej podstawowej funkcji, czyli wydzielenia strefy pożarowej. Dlatego w inteligentnych budynkach i inteligentnych garażach zaleca się montowanie zarówno w drzwiach o odporności ogniowej, jak i drzwiach z systemami kontroli dostępu czujników ich otwarcia. Takie czujniki są bezprzewodowe, komunikują się z wykorzystaniem protokołu LoRa (o dużym zasięgu) i zasilane są bateryjnie, więc ich instalacja nie wymaga prowadzenia dodatkowych tras komunikacji, a bateria starcza na pięć–dziesięć lat. Informacja z czujników przekazywana jest do systemu BMS lub SIUP, a tym samym fakt długotrwałego nienaturalnego otwarcia drzwi i w konsekwencji brak wydzielenia strefy pożarowej jest komunikowany obsłudze, która może podjąć działania mające na celu usunięcie zagrożenia.

Sygnalizacja zajętości miejsc postojowych

Garaż to przede wszystkim miejsce czasowego postoju pojazdów, a więc jego funkcjonalność pod tym kątem powinna być dla projektujących i wykonujących priorytetem. Pojęcie „inteligentnego garażu” nierozdzielnie wiąże się z systemem zajętości miejsc parkingowych. Każdy kierowca, wjeżdżając na podziemny parking, niejednokrotnie borykał się z długotrwałym poszukiwaniem wolnego miejsca – z pomocą przychodzą tu nowoczesne rozwiązania.

W skład systemu sygnalizacji zajętości miejsc postojowych wchodzi: sterownik zarządzający z możliwością komunikacji z systemem nadrzędnym (BMS lub SIUP), parkingowy czujnik zajętości miejsca, sygnalizatory optyczne (najczęściej czerwone informują o zajętych miejscach postojowych, a zielone o wolnych) oraz tablice informacyjne i kierunkowe, które informują, czy są dostępne wolne miejsca i kierują kierowców w te rejony parkingu, w których miejsca są dostępne. Sterownik, montowany w szafach sterujących w maszynowniach garażu, połączony jest za pomocą protokołu komunikacyjnego z systemem zarządzającym budynkiem, aby informacja o zajętości garażu była przekazywana również do obsługi budynku. Przy każdym miejscu parkingowym, na suficie

lub posadzce, montowany jest czujnik, najczęściej ultradźwiękowy, który potrafi wykryć, czy w jego zasięgu pozostawiony został pojazd, taka informacja trafia następnie do sterownika zarządzającego, który zapala lampkę sygnalizacyjną (czerwoną lub zieloną) umiejscowioną w alejce dojazdowej na konstrukcji podsufitowej. Dodatkowo system monitoruje liczbę wolnych miejsc i wyświetla informację o nich na tablicy sygnalizacyjnej przy wjeździe do garażu. W samym garażu, na alejkach dojazdowych, przejazdach i skrzyżowaniach, montowane są dodatkowe tablice, które za pomocą strzałek kierują poruszający się pojazd do najbliższego wolnego miejsca. Dzięki takiemu systemowi w alejkach dojazdowych garaży podziemnych panuje mniejszy tłok, tym samym generowana jest mniejsza ilość spalin, co umożliwia obniżenie wydajności wentylacji – czyli zmniejszenie kosztów eksploatacji, nie mówiąc już o zwiększeniu komfortu użytkowników i oszczędności ich czasu. Ma on również duże znaczenie w aspekcie bezpieczeństwa, gdyż wiedza na temat liczby pojazdów znajdujących się w danej strefie pozwala w razie zagrożenia uzyskać lepszy obraz aktualnej sytuacji. Oczywiście montaż takiego systemu wiąże się dla inwestora z dodatkowymi kosztami, jednak korzyści związane ze zwiększeniem poziomu bezpieczeństwa i komfortu użytkowania (na co zwraca się dziś szczególną uwagę) są spore.

Podsumowanie

Na przykładzie przedstawionych rozwiązań i systemów widać wyraźnie, że nawet tak prozaiczna pod względem architektonicznym i użytkowym przestrzeń w budynku jak garaż podziemny, w kontekście zainstalowanych systemów zasilania, sterowania i monitoringu staje się bardzo istotną częścią inteligentnego budynku. W praktyce jest to miejsce, w którym dla większości z nas zaczyna się i kończy wizyta w danym budynku, dlatego musi to być przestrzeń komfortowa w użytkowaniu, a przede wszystkim bezpieczna – nie tylko dla użytkownika garażu, ale i całego obiektu. Zagrożenie pożarowe, wybuch oparów gazu, kolizja i tym podobne niebezpieczne sytuacje wpływają bezpośrednio na funkcjonowanie budynku, więc odpowiedni dobór niezbędnych systemów, jakość ich wykonania oraz wzajemne połączenie i wymiana danych to elementy kluczowe dla obiektu komfortowego i bezpiecznego, a inteligentne rozwiązania i nowoczesna technologia ułatwią jego eksploatację.

mgr inż. Mikołaj Olszewski

absolwent Instytutu Inżynierii Środowiska

Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Koszty budowy wentylacji kanałowej oraz strumieniowej w garażu budynku wielorodzinnego

Wybór systemu wentylacji garażu podziemnego ma zasadnicze znaczenie dla bezpieczeństwa, komfortu użytkowników oraz efektywności energetycznej budynku wielorodzinnego. Ważne są nie tylko koszty i techniczne aspekty montażu, ale również środowiskowe konsekwencje wyboru związane z energią wbudowaną w budynek i gospodarką cyrkularną. Każdy z systemów ma swoje atuty i ograniczenia. Wiele zależy od tego, czy na początkowym etapie projektowania budynku i znajdującego się w nim garażu podjęto decyzję, jaka wentylacja zostanie w nim zastosowana, m.in. po to, aby przewidzieć miejsce na kanały, czerpnie, wyrzutnie oraz aranżację kubatury i przewidywanych w niej instalacji.

W artykule zawarto analizy dwóch technologii wentylacji garażu podziemnego dla zespołu budynków wielorodzinnych w Warszawie z dwupoziomowym garażem zlokalizowanym na kondygnacjach podziemnych –1 i –2, o łącznej powierzchni 12 060 m², podzielonym na sześć stref pożarowych i osiem stref dymowych. Na poziomie –2 wydzielono dwie strefy pożarowe: SP-5 i SP-6. Strefa SP-5 została dodatkowo podzielona na dwie strefy dymowe – SD-7 i SD-8, natomiast SP-6 stanowi jedną strefę dymową SD-9. Na poziomie –1 garaż podzielono na cztery strefy pożarowe: SP-1, SP-2, SP-3 i SP-4. Strefa SP-1 ma bezpośredni wjazd z zewnątrz, a jej powierzchnia nie przekracza 1500 m², dzięki czemu nie wymaga systemu oddymiania. Strefa SP-2 została podzielona na dwie strefy dymowe: SD-2 i SD-3. Podobnie SP-3 składa się z SD-4 i SD-5, natomiast SP-4 obejmuje jedną strefę dymową SD-6.

Przy porównywaniu skupiono się na praktycznych aspektach obu systemów, ich efektywności i korzyściach oraz ograniczeniach, a także na kosztach inwestycyjnych i eksploatacyjnych. Kluczowym elementem analizy ekonomicznej przy wyborze technologii wentylacji są całkowite koszty systemu wentylacyjnego ponoszone przez cały okres jego użytkowania, wliczając w to koszty początkowe, operacyjne oraz ewentualne modernizacje. System wentylacji może stanowić znaczący składnik budżetu inwestycyjnego i eksploatacyjnego budynków wielorodzinnych i komercyjnych.

Instalacje wentylacji kanałowej

Systemy wentylacji i oddymiania kanałowego są projektowane tak, aby umożliwiały również ewakuację ludzi i działania służb ratowniczych oraz minimalizowały szkody materialne poprzez kontrolowane usuwanie dymu i gorących gazów z przestrzeni budynku w razie pożaru. Systemy oddymiania kanałowego składają się z kilku podstawowych komponentów, jakimi są: kanały wentylacyjne odporne na wysokie temperatury i korozję, umożliwiające bezpieczny transport dymu na zewnątrz budynku, wentylatory oddymiające usuwające dym i gorące gazy, klapy dymowe otwierane automatycznie w celu umożliwienia przepływu do kanałów wentylacyjnych, czujniki dymu i ciepła automatycznie uruchamiające system oddymiania w przypadku wykrycia pożaru, a także szafa sterownicza i panel kontrolny do zarządzania pracą elementów systemu oddymiania. Technologia ta umożliwia dokładne utrzymywanie parametrów jakości powietrza wewnętrznego i wymaga odpowiednich przestrzeni do prowadzenia przewodów oraz poniesienia większych kosztów inwestycyjnych – m.in. z tych powodów wybierana jest częściej w budynkach niemieszkalnych.

Wybór materiałów i wymiarów kanałów wentylacyjnych jest uzależniony od wielu czynników. Przede wszystkim należy uwzględnić miejsce montażu, dostępność miejsca oraz wymagania dotyczące izolacji akustycznej i pożarowej. Kanały wykonuje się najczęściej ze stali ocynkowanej, ale mogą być też wykonane z płyt silikatowo-cementowych. Ta technologia wymaga szczegółowej analizy i oceny przestrzeni przeznaczonej dla montażu instalacji oraz zaplanowania trasy przewodów, tak aby uzyskać efektywny przepływ oraz uniknąć kolizji z innymi instalacjami. Montaż musi gwarantować szczelność



Fot. 1. Nawiew i wywiew wentylacji kanałowej

Źródło: arch. autora



Fot. 2. Kanał oddymiający w izolacji systemu CONLIT o klasie odporności EIS 120

Źródło: arch. autora

i stabilność połączeń oraz skuteczną izolację termiczną z materiałów wysokiej jakości, zabezpieczoną przed zjawiskiem kondensacji wilgoci. Montaż kanałów to proces wymagający precyzji, doświadczenia oraz zastosowania odpowiednich materiałów i technik.

W procesie doboru wentylatorów oprócz ich parametrów pracy ważny jest wybór odpowiedniego miejsca na ich umieszczenie, tak aby umożliwić optymalne prowadzenie kanałów wentylacyjnych oraz łatwy dostęp w celu konserwacji i serwisu urządzeń. Należy też rozważyć potrzebę zastosowania rozwiązań tłumiących hałas od wentylatorów.

Ważnym etapem jest też uruchomienie i testowanie prawidłowości działania całego systemu oraz jego zgodności z założeniami projektowymi. Odbiór instalacji wentylacji kanałowej jest końcowym etapem procesu instalacyjnego, który potwierdza, że system został wykonany zgodnie z projektem, spełnia wszelkie wymagania techniczne i jest gotowy do eksploatacji. Po zakończeniu wszystkich kontroli i testów sporządza się szczegółowy protokół odbioru instalacji wentylacyjnej. Protokół jest formalnym potwierdzeniem, że instalacja została wykonana prawidłowo i jest gotowa do użytkowania. Ostatnim etapem odbioru jest oficjalne przekazanie instalacji wentylacyjnej do eksploatacji.

Koszty budowy instalacji kanałowej i jej eksploatacji

Wydatki obejmują zarówno koszty początkowe, związane z projektem, zakupem i montażem sprzętu, jak i koszty operacyjne obejmujące konserwację, naprawy oraz zużycie energii. Koszty analiz potrzeb budynku, opracowania projektu technicznego oraz wyboru odpowiednich komponentów i konsultacje mogą stanowić znaczną część wydatków, są jednak absolutnie niezbędne do stworzenia efektywnego systemu. Do tego dochodzą koszty zakupu m.in. kanałów, kształtek, izolacji, wsporników, mocowań, wentylatorów, tłumików oraz systemów sterowania.

Kolejnym kosztem są wydatki na montaż. Precyzja i doświadczenie wykonawców przekładają się na wyższe koszty pracy, ale są kluczowe dla prawidłowego funkcjonowania systemu. Prace montażowe mogą generować dodatkowe wydatki (np. przebudowa, wzmocnienie elementów stropów, montaż dodatkowych konstrukcji wsporczych). Po montażu dochodzą koszty testów funkcjonalnych oraz wyregulowania instalacji.

Zgodnie z założeniami do projektu budowlanego dla opisywanego kompleksu budynków wielorodzinnych przyjęto, że oddymianiu będzie podlegał garaż podziemny na poziomach -1 i -2. Zaprojektowano system wentylacji mechanicznej kanałowej wspomaganej wentylatorami strumieniowymi bezklasowymi. System wentylacji ma za zadanie zapewnić przewietrzanie garażu oraz usuwanie powietrza zanieczyszczonego. Powietrze jest usuwane spod sufitu oraz rozrzedzane i przepychane przez wentylatory strumieniowe, skutecznie wymuszające jego ruchy w całym przekroju i wysokości garażu, nawet nad posadzką. W trybie pracy bytowej wentylatory wyciągowe sterowane

Tabela 1. Koszty wykonania wentylacji kanałowej w garażu podziemnym budynku wielorodzinnego na podstawie opracowywanych projektów (ceny z połowy 2024 roku)

	Opis materiału	Jednostka	Liczba	Suma
1	Wentylatory bytowe JETFAN + MUB JF1 Venture	szt.	12	54 450
2	Wentylator bytowy MUB 042 450EC-K	szt.	1	5 500
3	Klapy dymowe ppoż. z siłownikiem Belimo B(L)E	szt.	31	96 869
4	Kanały PD o przekroju prostokątnym – komplet oddymianie w garażu	m²	2 600	676 000
5	Kratki nawiewno-wywiewne ST-PP-W/Steel smoke extraction 1025x325 mm	szt.	112	23 968
6	Obudowy kanałów płytami ppoż. Promat EI 120 gr. 60 mm	m²	15	9 000
7	Próby i uruchomienie instalacji wentylacji, pomiary skuteczności i głośności	kpl.	1	3 000
8	Wentylatory oddymiające osiowe M-D Trox BSH	szt.	5	159 000
9	Kanały PD o przekroju prostokątnym – komplet na dachu	m²	350	91 000
10	Zawiesie systemowe	kpl.	1	2 000
11	Tłumiki kanałowe 300 x 1150 mm	szt.	10	4 904
12	Klapy dymowa ppoż. FID S/V Mercor z siłownikiem Belimo B(L) E	szt.	6	53 000
13	Obudowa kanałów płytami ppoż. Pomat EI 120 gr. 150 i 60 mm	m²	882	1 039 200
14	Próby i uruchomienie instalacji wentylacji, pomiary skuteczności i głośności	kpl.	1	3 000
15	Klapy dymowe ppoż. z siłownikiem Belimo B(L)F	szt.	44	96 075
16	Kanały PD o przekroju prostokątnym – komplet oddymianie w garażu	m²	5980	1 554 800
17	Kratki nawiewno-wywiewne ST-PP-W/Steel smoke extraction 1025 x 325 mm	szt.	224	47 936
18	Obudowa kanałów płytami ppoż. Promat EI 120 gr. 60 mm	m²	6	3 600
19	Próby i uruchomienie instalacji wentylacji, pomiary skuteczności i głośności	kpl.	1	3 000
20	Tłumiki akustyczne do przewodów prostokątnych 1200 x 400 x 600 mm	szt.	2	10 937
21	Wentylatory bytowe JETFAN JF2 Venture	szt.	18	89 100
22	Klapy dymowe ppoż., w tym FID S/V z siłownikami Belimo B(L)E	szt.	48	103 061
23	Kanały PD o przekroju prostokątnym – komplet oddymianie w garażu	m²	5980	1 554 800
24	Kratki nawiewno-wywiewne ST-PP-W/Steel smoke extraction 1025 x 325 mm	szt.	224	47 936
25	Obudowa kanałów płytami ppoż. Promat EI 120 gr. 60 mm	m²	6	3 600
26	Próby i uruchomienie instalacji wentylacji, pomiary skuteczności i głośności	kpl.	1	3 000
27	Wentylatory napowietrzające klatkę schodową BNAXN 12/56/560 M-D Trox BSH + szafa sterująca	szt.	2	28 000
28	Wentylatory oddymiające osiowe BVAXO 9/27/1120 M-D Trox BSH	szt.	4	140 000
29	Wentylatory bytowe osiowe AXO 6/27/900 M-D Trox BSH	szt.	2	38 000
30	Kanały wentylacyjne o przekroju prostokątnym 1700 x 500 i 1400 x 800 mm	mb.	75	14 000
31	Kanały PD o przekroju prostokątnym – komplet na dachu	m²	250	65 000
32	Zawiesie systemowe	kpl.	1	2 000
33	Tłumiki kanałowe 300 x 1150 mm	szt.	12	6 000
34	Klapy dymowe ppoż. FID S/V Mercor 1800x1250 siłownikiem Belimo B(L) E	szt.	4	48 000
			Razem	6 079 736

są dwustopniowo z zegarem czasowym. Wyciąg powietrza z garaży będzie wyprowadzony ponad dach budynku szachtami zlokalizowanymi w rejonie trzonu wind i klatek schodowych. Dla garażu przewidziano wyciąg powietrza realizowany przez wentylatory osiowe zainstalowane na dachu budynku. Powietrze usuwane kompensowane będzie przez otwory kompensacyjne. Wentylatory bytowe na dachu będą miały tłumiki akustyczne.

Zalety tego systemu to: stała i równomierna wymiana powietrza w całym budynku, wysoka jakość powietrza i elastyczność w regulacji parametrów stężenia CO i LPG. Po stronie wad są: wysokie koszty instalacji i konserwacji, konieczność regularnej konserwacji i czyszczenia kanałów oraz brak elastyczności w przypadku zmian w układzie budynku.

Tabela 2. Zużycie energii elektrycznej na potrzeby wentylacji kanałowej w ciągu roku (ceny z połowy 2024 roku)

Rodzaj wentylatora	Jednostka	Liczba	Moc [kW]	Czas działania w ciągu 1 doby [h]	Ilość zużytej energii [kWh]	Zużycie energii w ciągu roku [kWh]	Suma [kWh]
Wentylator bytowy JETFAN JF1 Venture	szt.	11	0,25	4	1	1 460	16 060
Wentylator bytowy MUB 042 450EC-K	szt.	1	0,83	4	3,33	4 858,88	4 858,88
Wentylator oddymiający osiowy AXO 9/27/1120 M-D Trox BSH	szt.	1	10	4	40	58 400	58 400
Wentylator bytowy JETFAN JF1 Venture	szt.	18	0,25	4	1	1 460	26 280
Wentylator bytowy osiowy AXO 6/27/900 MD Trox BSH	szt.	2	10	4	40	58 400	116 800
Suma							222 399

W tabeli 1 zestawiono koszty wykonania wentylacji kanałowej w garażu podziemnym w opisywanym budynku wielorodzinnym na podstawie projektu. Łączny koszt budowy i uruchomienia tego systemu wyniósł 6 079 736 zł. Jak wspomniano wcześniej, koszty eksploatacyjne wentylacji kanałowej obejmują koszty energii, regularnej konserwacji oraz serwisu, a także czyszczenia i ewentualnych napraw. Mogą również obejmować przyszłe inwestycje w modernizację systemu, konieczne w miarę rozwoju technologii oraz zmieniających się wymagań, a także zmian powodowanych wprowadzaniem na rynek nowych napędów pojazdów. W tabeli 2 zawarto obliczenia rocznego zużycia energii elektrycznej na potrzeby wentylacji kanałowej w opisywanym budynku, które wynosi 222 399 kWh. Do tego należy dodać koszt rocznych serwisów systemu wentylacji kanałowej w kwocie 12 000 zł. Przyjmując cenę 1 kWh w wysokości 1 zł, łączny koszt eksploatacji tego systemu wentylacji w analizowanym obiekcie wyniósłby 234 399 zł.

Instalacja wentylacji strumieniowej

Oddymianie strumieniowe preferowane jest zwykle w dużych przestrzeniach, takich jak garaże podziemne czy tunele. Zapewnia szybkie i skuteczne usuwanie dymu, co znacząco zwiększa bezpieczeństwo oraz ułatwia działania służb ratunkowych. Systemy te są elastyczne i łatwe do adaptacji w różnych typach budynków, jednak wymagają bardzo precyzyjnego projektowania oraz instalacji, aby zapewnić ich wysoką skuteczność. Wykorzystują technologię wentylatorów strumieniowych typu JET oraz wentylatorów osiowych kompensacyjnych. Powietrze jest dostarczane w przestrzeni pomieszczenia do określonych stref w celu wymiany powietrza wentylacyjnego oraz w funkcji oddymiania. Głównym założeniem systemu jest wykorzystanie wentylatorów strumieniowych w funkcji oddymiania do kierowania strumienia powietrza w określone szachty oddymiające, co eliminuje potrzebę stosowania rozległych sieci kanałów wentylacyjnych.

Kluczowym elementem tego systemu są wentylatory strumieniowe montowane pod sufitem, o kompaktowej budowie i dużej wydajności, co pozwala na generowanie silnych strumieni powietrza przy stosunkowo niskim zużyciu energii. Są one często wyposażone w zaawansowane mechanizmy regulacji, które umożliwiają precyzyjne dostosowanie intensywności i kierunku przepływu powietrza do potrzeb. Kolejnym elementem systemu są wentylatory nawiewne i wyciągowe, a także systemy sterowania, które umożliwiają monitorowanie i regulację pracy wentylatorów oraz obsługują czujniki jakości powietrza i wycieku paliw gazowych, automatycznie



Fot. 3. Ukierunkowanie gorącego dymu przez wentylatory strumieniowe
Źródło: arch. autora



Fot. 4. Zadymienie podczas próby z gorącym dymem przed uruchomieniem systemu oddymiania wentylacji strumieniowej
Źródło: arch. autora

dostosowujące parametry pracy systemu w odpowiedzi na zmieniające się warunki w garażu. Wentylacja strumieniowa działa w sposób ciągły i ze zmienną wydajnością, minimalizując zużycie energii i zapewniając optymalne warunki powietrza wewnętrznego.

Wloty i wyloty powietrza odgrywają kluczową rolę w systemie wentylacji strumieniowej. Projektowanie i rozmieszczenie tych elementów ma bezpośredni wpływ na efektywność systemu oraz jakość powietrza wewnętrznego. Wloty powinny być umieszczone w miejscach, gdzie powietrze jest najmniej zanieczyszczone (elewacje, dachy), a wyloty powinny być usytuowane tak, aby skutecznie usuwać powietrze z miejsc, gdzie jest ono najbardziej zanieczyszczone, i jednocześnie zapobiegać jego recyrkulacji.

Regulacja i sterowanie w systemach wentylacji strumieniowej to kluczowe aspekty, które zapewniają optymalne funkcjonowanie systemu oraz utrzymanie wysokiej jakości powietrza wewnętrznego. Systemy te są zazwyczaj wyposażone w zaawansowane mechanizmy kontroli, które umożliwiają dynamiczne dostosowywanie przepływu powietrza do aktualnych potrzeb. Centralnym elementem jest jednostka sterująca, która zbiera dane z różnych czujników rozmieszczonych w garażu. Systemy sterowania wentylacji strumieniowej mogą być programowane według różnych scenariuszy działania, dostosowanych do specyficznych potrzeb obiektu i jego użytkowników.

Projektowanie instalacji wentylacji strumieniowej to proces, który wymaga odpowiedniego planowania i analizy, aby zapewnić skuteczną cyrkulację powietrza oraz spełnienie wymagań dotyczących liczby wymian powietrza. Technologia ta wymaga także doświadczenia ekip montujących system. Ostatnim etapem prac jest przygotowanie szczegółowej dokumentacji technicznej, która obejmuje wszystkie aspekty projektowania, montażu oraz testowania systemu wentylacji strumieniowej. Dokumentacja ta jest niezbędna do późniejszej eksploatacji i konserwacji systemu. Należy też przeprowadzić instruktaż personelu odpowiedzialnego za obsługę systemu.

Koszty budowy instalacji strumieniowej i jej eksploatacji

Zgodnie z założeniami do projektu budowlanego przyjęto, że garaż obejmuje dwie kondygnacje podziemne. W projekcie budowlanym przewidziano rozwiązania architektoniczno-instalacyjne stanowiące podstawę do określenia zasad funkcjonowania systemu zabezpieczenia przed zadymieniem, takie jak: a) w garażu podziemnym znajdować się będzie strumieniowa instalacja wentylacji oddymiającej; b) garaż będzie stanowił sześć stref pożarowych podzielonych na dziewięć stref dymowych; c) strefa pożarowa SP-1 nie jest wyposażona w system oddymiania mechanicznego; d) w garażu nie projektuje się instalacji tryskaczowej; e) pomieszczenia techniczne i klatki schodowe zostały wydzielone pożarowo od części garażu przeznaczonej na parkowanie samochodów; f) z garaży możliwa jest ewakuacja łącznie do dziewięciu obudowanych klatek schodowych na poziomie

–1 oraz do pięciu na poziomie –2; g) do garażu prowadzi jeden wjazd; h) budynek będzie objęty całodobową ochroną.

Łączny koszt wykonania systemu wentylacji strumieniowej w garażu podziemnym opisywanego kompleksu budynków wielorodzinnych wyniósł 2 008 319 zł. System będzie zużywał rocznie energię elektryczną w ilości 204 517 kWh. Jego coroczny serwis kosztować będzie 6000 zł. Przyjmując koszt 1 kWh jako 1 zł, łączny **roczny koszt eksploatacji systemu wentylacji strumieniowej w garażu analizowanego budynku wyniesie 210 517 zł.**

Analizy CFD i nowe wytyczne dotyczące weryfikacji wentylacji strumieniowej

Ważnym narzędziem w procesie projektowania instalacji wentylacyjnych jest analiza Computational Fluid Dynamics (CFD). Jest to zaawansowane narzędzie stosowane w projektowaniu i ocenie systemów wentylacji, szczególnie w kontekście bezpieczeństwa pożarowego. Pozwala na szczegółowe modelowanie przepływu powietrza, rozprzestrzeniania się dymu oraz dystrybucji temperatury w pomieszczeniach i budynkach, co jest kluczowe dla optymalizacji systemów wentylacyjnych oraz skutecznej ewakuacji i ochrony ppoż. Analiza CFD umożliwia symulację dynamicznych warunków pożarowych, uwzględniając takie zmienne, jak prędkość przepływu powietrza, ciśnienie, temperatura oraz stężenie dymu. Pozwala na tworzenie scenariuszy pożarowych i ocenę skuteczności systemów oddymiania. Umożliwia optymalizację rozmieszczenia czerpni, wyrzutni, kanałów wentylacyjnych, wentylatorów oraz klap dymowych, aby zapewnić równomierne rozprowadzanie powietrza i efektywne usuwanie dymu. Jest narzędziem, które pomaga w weryfikacji zgodności projektów wentylacyjnych z obowiązującymi normami i przepisami dotyczącymi bezpieczeństwa pożarowego. Symulacje pozwalają udowodnić, że system spełnia wymagania dotyczące ewakuacji, kontroli dymu i ochrony konstrukcji budynku.

Analiza CFD dla systemów wentylacji strumieniowej rozpoczyna się od stworzenia cyfrowego modelu budynku i jego systemu wentylacyjnego. Model ten uwzględnia wszystkie istotne elementy, takie jak układ pomieszczeń, przeszkody, a także źródła ciepła i dymu. Następnie na podstawie danych wejściowych, takich jak właściwości powietrza, charakterystyki dymu oraz warunki początkowe i brzegowe, przeprowadzane są symulacje komputerowe.

Wyniki analizy CFD są prezentowane w formie wizualizacji i danych liczbowych, które umożliwiają dokładną ocenę zachowania się systemu wentylacyjnego. Wizualizacje przedstawiające przepływy powietrza, rozkład temperatury i koncentrację dymu pozwalają na intuicyjne zrozumienie dynamiki tych procesów. Na ich podstawie można zidentyfikować potencjalne problemy, takie jak strefy zastoju dymu czy niewystarczająca wentylacja w niektórych obszarach. Analiza wyników umożliwia również przeprowadzenie optymalizacji systemu wentylacyjnego. Na podstawie uzyskanych

danych inżynierowie mogą wprowadzać zmiany w projekcie, takie jak modyfikacja rozmieszczenia wentylatorów, zmiana parametrów pracy urządzeń czy dostosowanie wlotów i wylotów powietrza.

Opracowane w 2024 roku przez grupę naukowców i ekspertów Akademii Pożarniczej *Wytyczne weryfikacji instalacji strumieniowej garaży zamkniętych za pomocą symulacji CFD* [7] ujednolicają i unifikują tworzenie symulacji CFD dla systemów strumieniowej wentylacji oddymiającej. Zakres wytycznych jest kompleksowy i obejmuje definicję parametrów wejściowych, konfigurację oprogramowania, przeprowadzanie analiz oraz raportowanie wyników. Ich celem jest usystematyzowanie definicji scenariuszy projektowych oraz miar oceny wyników, tak aby analitycy mogli dokonywać prawidłowych doborów założeń i parametrów wejściowych dla analiz oraz kryteriów akceptacji uzyskanych wyników. Poruszono w nich kluczowe kwestie, które generowały różne nieporozumienia na etapie projektowania oraz odbiorów budynków i instalacji. Zdefiniowano wskaźniki oceny poprawności projektu wentylacji oddymiającej w kontekście bezpieczeństwa użytkowników i ekip ratowniczych oraz ochrony mienia. Stanowią one aktualny przewodnik po analizie skuteczności wentylacji strumieniowej w garażach zamkniętych.

Podsumowanie

W przypadku analizowanego garażu koszty inwestycyjne systemu wentylacji kanałowej wyniosłyby 6 079 736 zł, a roczna eksploatacja 234 399 zł. Z kolei koszty inwestycyjne wentylacji strumieniowej wyniosłyby 2 008 319 zł, a roczna eksploatacja 210 517 zł.

Wybór rozwiązania często zależy od tego, czy na początkowym etapie projektowania budynku i znajdującego się w nim garażu podejmowano decyzje, jaka wentylacja zostanie w nim zainstalowana, m.in. po to, aby przyjąć odpowiednią ilość miejsca na kanały, czerpnie, wyrzutnie oraz aranżację kubatury i przewidywanych w niej instalacji.

Oba systemy wymagają serwisowania i konserwacji, a ich trwałość zależy w dużej mierze od jakości zaprojektowania, doboru urządzeń oraz wykonania, a także serwisu. Wentylacja kanałowa zapewnia bardziej precyzyjną wymianę powietrza, ale wiąże się to z wyższymi kosztami budowy instalacji i jej konserwacji. Z kolei wentylacja strumieniowa jest bardziej elastyczna i łatwiej dostosowuje się do zmieniających się potrzeb, ale może nie oferować tak precyzyjnej wymiany powietrza, niemniej zapewnia wysokie bezpieczeństwo dla użytkowników. Wybór odpowiedniego systemu zależy od indywidualnych potrzeb i budżetu inwestora oraz warunków pozwolenia na budowę.

Artykuł powstał na podstawie pracy dyplomowej

pt. Porównanie wentylacji kanałowej i wentylacji strumieniowej

w budynku wielorodzinnym, pod względem kosztów instalacji oraz eksploatacji opracowanej przez mgr. inż. Mikołaja Olszewskiego, pod kierunkiem dr hab. inż. Katarzyny Gładyszewskiej-Fiedoruk w Instytucie Inżynierii Środowiska Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie.

Literatura

1. Olszewski Mikołaj, *Porównanie wentylacji kanałowej i wentylacji strumieniowej w budynku wielorodzinnym, pod względem kosztów instalacji oraz eksploatacji*, praca dyplomowa magisterska wykonana pod kierunkiem dr hab. inż. Katarzyny Gładyszewskiej-Fiedoruk, w Katedrze Hydrauliki i Inżynierii Sanitarnej Instytut Inżynierii Środowiska Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego, Warszawa 2024
2. Węgrzyński Wojciech, Krajewski Grzegorz, *Systemy wentylacji pożarowej garaży. Projektowanie, ocena, odbiór*, Instrukcja ITB nr 493/2015, ITB, Warszawa 2015
3. Kubicki Grzegorz, *Wentylatory w systemach oddymiania*, „Rynek Instalacyjny” 11/2010, <https://www.rynekinstalacyjny.pl/artikul/systemy-ppoz/9603,ventylatory-w-systemach-oddymiania>
4. Mizieliński Bogdan, *Wentylacja pożarowa: oddymianie*, Wydawnictwo Naukowe PWN, 2017
5. Pełech Aleksander, *Wentylacja i klimatyzacja: podstawy*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, 2013
6. *Wytyczne projektowe dla wentylacji strumieniowej garaży zamkniętych*, „Rynek Instalacyjny” 1-2/2022, <https://www.rynekinstalacyjny.pl/artikul/projektowanie-went-klima/132730,wytyczne-projektowe-dla-wentylacji-strumieniowej-garazy-zamknietych>
7. Krasuski Adam (red.), *Wytyczne weryfikacji instalacji wentylacji strumieniowej garaży zamkniętych za pomocą symulacji CFD*, Akademia Pożarnicza, Warszawa 2024, DOI: 10.70402/apoz.2024.wytycznecfd, <https://www.ksiegarniatechniczna.com.pl/wytyczne-weryfikacji-instalacji-wentylacji-strumieniowej-garazy.html>
8. Burdzy Tomasz i in., *Wentylacja strumieniowa garaży. Przewodnik Safety Carpark*, https://wentylacja.com.pl/att/article/smay_wentylacja_strumieniowa_przewodnikpdf-6471.pdf (dostęp: 24.02.2025)
9. Pykacz Sławomir, *Warunki techniczne wykonania i odbioru instalacji wentylacyjnych: zalecane do stosowania przez Ministerstwo Infrastruktury*, Centralny Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Techniki Instalacyjnej INSTAL, 2002

Wybrane aspekty detekcji gazów we współczesnych garażach

W nowo budowanych obiektach powstają wielopoziomowe garaże z windami, na rynku przybywa także pojazdów z alternatywnymi technologiami zasilania, w tym na metan i wodór. Stawia to nowe wyzwania w projektowaniu i eksploatacji systemów wentylacji garaży oraz detekcji gazów toksycznych i palnych. Niezmienna jest jednak zasada, że na uwagę należy mieć przede wszystkim zapewnienie wysokiego poziomu bezpieczeństwa oraz gwarancję niezawodności działania wybranych rozwiązań.



Michał Domin
Przedsiębiorstwo
Techniczne SIGNAL

W zgodzie z przepisami i normami

Detekcja gazów toksycznych i palnych w garażach regulowana jest przez rozporządzenie w sprawie warunków technicznych [1]. Stosowanie systemów detekcji gazów w garażach reguluje także rozporządzenie w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów [2], które stanowi w rozdziale 1:

w § 2 pkt 1.9, że ilekroć w rozporządzeniu jest mowa o: *Urządzeniach przeciwpożarowych – należy przez to rozumieć (...) urządzenia zabezpieczające przed wybuchem i ograniczające jego skutki;*

w § 3 pkt 1, że: *Urządzenia przeciwpożarowe w obiekcie powinny być wykonane zgodnie z projektem uzgodnionym przez rzeczoznawcę do spraw zabezpieczeń przeciwpożarowych, a warunkiem dopuszczenia do ich użytkowania jest przeprowadzenie odpowiednich dla danego urządzenia prób i badań, potwierdzających prawidłowość ich działania.*

Instalacja detekcji gazów w garażach należy do systemów przeciwpożarowych i tym samym wymaga wykonania projektu przez uprawnionego projektanta i uzgodnienia przez rzeczoznawcę ochrony przeciwpożarowej.

Powyższe regulacje nie określają jednak, jak powinien wyglądać system detekcji w garażu. Pomocne mogą być informacje zawarte w normie PN-EN 50545-1 *Elektryczne przyrządy do wykrywania i pomiaru gazów toksycznych i palnych w garażach oraz w tunelach*. Część 1: Podstawowe wymagania funkcjonalne i metody badań dotyczące wykrywania



Fot. 1. Przykładowa centrala wskazująca jednocześnie dwa pomiary: bieżący (C) i średni (A)

Źródło: archiwum autora

i pomiaru tlenku węgla oraz tlenków azotu [3]. Zawiera ona m.in. wymagania, jakie powinny spełniać elementy systemów detekcji.

Norma ta nie została dotąd przetłumaczona na język polski i nie jest przywołana w polskich przepisach. Tym samym jej wymagania nie są obowiązkowe do stosowania. Norma ta określa dla detektorów CO i NO₂ m.in. trzy progi alarmowe: 30/60/150 ppm (średnia ważona) dla tlenku węgla (CO) oraz 3/6/15 ppm (średnia ważona) dla ditlenku azotu (NO₂), zakres pomiarowy: 0–300 ppm dla CO i 0–30 ppm dla NO₂. Ponadto zawiera ona opis układów centrala i detektory z jednoznaczoną identyfikacją (adresem) oraz rozwiązania z czterema wyjściami, tj. trzema alarmowymi i jednym dla sygnalizacji awarii. Zaleca stopień ochrony dla detektorów minimum IP54 i kalibrację nie rzadziej niż co 12 miesięcy.

Na rynku dostępne są różne rozwiązania urządzeń do detekcji CO i NO₂, w tym takie, które spełniają niektóre podstawowe wymagania wspomnianej normy. Opieranie się na rozwiązaniach normatywnych nie jest obowiązkowe, może być jednak dla projektanta instalacji wykrywania gazów i sterowania wentylacją bezpieczną metodą. Spełnienie wymagań normy PN-EN 50545-1 może też być istotnym zabezpieczeniem dla projektanta i inwestora w razie pojawienia się propozycji zmian wykonawczych, które pod pretekstem zmniejszenia kosztów mogłyby obniżyć bezpieczeństwo i funkcjonalność systemu.

Garaże z windami parkingowymi

Coraz wyższe koszty powierzchni w budynkach, a także budowanie wielokondygnacyjnych garaży skłaniają do szukania alternatywnych rozwiązań rozmieszczenia pojazdów. Jedną z nich są windy parkingowe (ang. parklift) pozwalające na umieszczenie pojazdów na dwóch lub trzech poziomach. Tego typu rozwiązanie wymaga jednak zarówno pomieszczenia o dużej wysokości, jak i wykonania odpowiednich zagłębień dla urządzeń dźwigowych. Jeżeli garaż ma zostać dopuszczony do parkowania pojazdów zasilanych gazem płynnym (LPG), konieczne jest zastosowanie odpowiedniej wentylacji oraz umieszczenie detektorów LPG we wspomnianych zagłębieniach.

Pojawia się tu jednak poważny problem eksploatacyjny, ponieważ schodzenie osób w zagłębienie windy lub opuszczanie się w nie z wykorzystaniem wind jest niedozwolone. Tym samym okresowy serwis oraz kalibracja detektorów LPG nie jest możliwa bez kosztownej wizyty specjalisty serwisującego dźwig, który mógłby umożliwić dostęp do detektorów umieszczonych na najniższym



Fot. 3. Przykładowy system MSR-Traffic połączony z systemem detekcji gazów MSR-Electronic
Źródło: archiwum autora

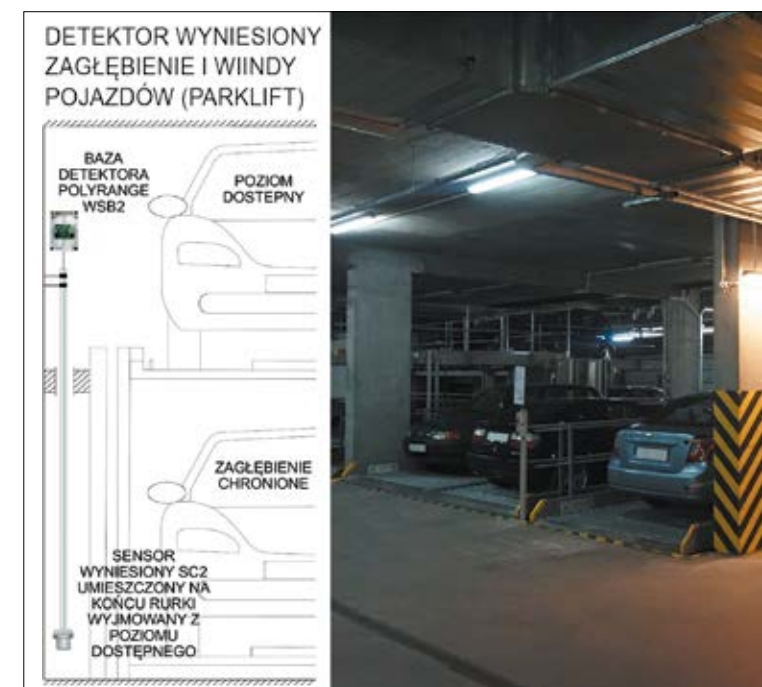
poziomie powierzchni garażu. Rozwiązaniem może być zastosowanie detektora jedno- (LPG) lub dwugazowego (LPG + CO) z wyniesionym sensorem LPG. Baza detektora umieszczana jest wówczas w dostępnym miejscu na wysokości 1–1,5 m od najniższego podłoża, natomiast sam niewielki i lekki sensor LPG (lub LPG + CO) umieszczany jest w zagłębieniu na wysięgniku, co umożliwia jego wyjęcie na czas przeprowadzania prac serwisowych (fot. 2).

Alternatywne zasilanie pojazdów

Benzyna, olej napędowy i LPG dominują jako paliwa zasilające silniki spalino- we w pojazdach osobowych. Na rynek wchodzi jednak także inne rozwiązania napędu samochodów, jak np. zasilanie elektryczne, CNG (sprężony gaz ziemny), LNG (skroplony gaz ziemny) czy H₂ (wodór). Spośród nich tylko samochody zasilane elektrycznie nie wymagają stosowania systemów detekcji gazów palnych w garażach, co nie oznacza, że nie jest w ich wypadku konieczne stosowanie innych systemów ppoż. Pozostałe technologie napędu samochodów wykorzystują paliwa, które są substancjami palnymi, i wyciek tych paliw gazowych może stanowić zagrożenie dla ludzi i obiektów, gdyż tworzą one atmosferę wybuchową.

Przepisy techniczne nie nadążają za zmianami technologicznymi, tym samym nie znajdziemy w nich regulacji wymagających zastosowania detektorów dla takich gazów, jak np. wodór i metan. Nie oznacza to jednak, że nowe paliwa są bezpieczne. Projektując garaże należy wziąć pod uwagę, czy w obiekcie ma zostać dopuszczone parkowanie pojazdów osobowych na CNG, LNG lub H₂. Tego typu samochodów jest jednak jak na razie mało, dlatego warto przeanalizować celowość ponoszenia kosztów wyposażania garaży w odpowiednią dla nich detekcję i wentylację. Decyzja o takiej inwestycji należy do zamawiającego.

Z zupełnie inną sytuacją mamy do czynienia w przypadku pojazdów transportowych, komunikacji miejskiej czy specjalnych. W tych sektorach takie paliwa jak CNG czy LNG, a nawet H₂ są od dawna stosowane i wiele obiektów garażowych, warsztatowych czy diagnostycznych oraz stacji tankowania przeznaczonych dla tego taboru wyposażonych jest w detektory metanu czy wodoru.



Fot. 2. Detektor z wyniesionym sensorem LPG dla garaży z windami
Źródło: archiwum autora

Jak zredukować koszty i zwiększyć bezpieczeństwo?

Głównym zabezpieczeniem każdego garażu zamkniętego jest wentylacja mechaniczna. To ona, uruchamiana przez sygnał alarmowy z detektorów, usuwa spaliny lub rozrzedza stężenie wyciekającego paliwa gazowego. W obiektach o dużym natężeniu ruchu (szczególnie w okresach świątecznych) powstaje jednak problem stałego napływu nowych pojazdów chcących zaparkować i krążących w poszukiwaniu wolnego miejsca postojowego. W sytuacji krytycznej, czyli nadmiernej ilości spalin, powinno nastąpić wyłączenie danej sekcji parkingu (czy poziomu) do czasu jej przewietrzenia. Zastosowanie systemu informacji o wolnych miejscach parkingowych redukuje czas potrzebny na znalezienie miejsca parkingowego o ponad 40%. Umożliwia to dużą redukcję spalin, a także energii zużywanej na dodatkowe wentylowanie. System wskazujący wolne miejsca parkingowe połączony z systemem detekcji gazów może np. uczynić daną sekcję parkingu niedostępną i tym samym uniemożliwić napływ nowych pojazdów. Zwiększa jednocześnie stopień wypełnienia parkingu i sprawia, że klienci chętniej korzystają z obiektu, w którym łatwiej zaparkować.

Oszczędność energii

Aktywnie poszukuje się obecnie możliwości redukcji energii zużywanej przez obiekty, w tym energii elektrycznej, zwłaszcza zużywanej w procesach ciągłych lub długookresowych. Jej efektywniejsze zużycie rozważane jest także w kontekście systemów wentylacyjnych. Odpowiednie sterowanie wentylacją pozwala uzyskać duże oszczędności energii. Na przykład systemy czteroprogowe, oparte na progach średniej ważonej, pozwalają znacznie efektywniej regulować pracę wentylacji, zapewniając redukcję energii w porównaniu do starszych systemów dwuprogowych, wymuszających uruchamianie pełnej mocy wentylatorów nawet przy niewielkich stężeniach monitorowanych gazów.

Oszczędności energetyczne można znaleźć także w systemach detekcji. Przykładowo centrala cyfrowa zużywa 95% mniej energii niż analogowa, sensor elektrochemiczny CO – 98% mniej energii niż półprzewodnikowy, a katalityczny LPG – 63% mniej niż półprzewodnikowy (oczywiście w zależności od wybranych modeli). W przypadku sensorów nie są to znaczne ilości energii, ale system taki działa bez przerwy. Przy wyborze rozwiązań systemów detekcji należy mieć na uwadze przede wszystkim zapewnienie wysokiego poziomu bezpieczeństwa i gwarancji niezawodności ich działania.

Literatura

1. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowania (DzU 2002, nr 75, poz. 690, ze zm.)
2. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (DzU 2010, nr 109, poz. 719)
3. PN-EN 50545-1:2012 *Elektryczne przyrządy do wykrywania i pomiaru gazów toksycznych i palnych w garażach oraz w tunelach. Cz. 1. Podstawowe wymagania funkcjonalne i metody badań dotyczące wykrywania i pomiaru tlenku węgla oraz tlenków azotu*

Robert Zapala

dyrektor techniczny NEURON Sp. z o.o. Sp.K.

Systemy zasilania i sterowania wentylacją pożarową w tunelach drogowych

Wentylacja pożarowa tuneli to zadanie złożone, wymagające współdziałania stron na wszystkich etapach projektowania, wykonawstwa oraz odbioru urządzeń i systemu zarządzania nimi, gdyż od wzajemnego powiązania tych elementów zależy bezpieczeństwo użytkowników korzystających z obiektu i skuteczne prowadzenie akcji ratowniczo-gaśniczych.

W Polsce buduje się coraz więcej tuneli drogowych, szczególnie w południowej części kraju, na terenach górzystych, głównie na potrzeby nowych tras ekspresowych. Kwestie budowy tuneli drogowych reguluje rozporządzenie z dnia 24 czerwca 2022 r. w sprawie przepisów techniczno-budowlanych dotyczących dróg publicznych [1], które weszło w życie we wrześniu 2022 r. Przepisy tego rozporządzenia mają zastosowanie do projektowania, budowy, przebudowy lub użytkowania dróg publicznych oraz projektowania, budowy lub przebudowy urządzeń obcych sytuowanych w pasach tych dróg. W rozdziale 9 wymienione zostały takie obiekty drogowe, jak: mosty, wiadukty i tunele.

W załączniku 3 rozporządzenia zatytułowanym *Bezpieczeństwo pożarowe i przygotowanie do prowadzenia działań ratowniczych* znalazł się rozdział 2 i ust. 25 mówiący o szczególnych warunkach dotyczących drogowych obiektów inżynierskich, a w nim wymóg, by były one projektowane w sposób zapewniający w razie pożaru nośność konstrukcji, ograniczenie rozprzestrzeniania się ognia i dymu, ograniczenie rozprzestrzeniania się pożaru na sąsiednie obiekty budowlane lub tunele przyległe, możliwość ewakuacji lub uratowania osób (użytkowników i pasażerów pojazdów) w inny sposób. Powinna zostać także zapewniona możliwość prowadzenia skutecznych działań ratowniczych przy jednoczesnym uwzględnieniu bezpieczeństwa przeprowadzających je ekip.

Rozdział 3 tego załącznika zatytułowany *Szczególne warunki dotyczące wentylacji tuneli* wymienia wentylację bytową, która działa tylko w czasie normalnej eksploatacji tunelu, oraz wentylację pożarową. Tunel wyposażony jest więc w wentylację służącą do odprowadzania spalin emitowanych z silników pojazdów oraz do usuwania dymu i ciepła w przypadku pożaru. Wentylacja tunelu w normalnych warunkach użytkowania powinna zapewnić odpowiednią wymianę powietrza, tak aby nie zostały przekroczone stężenia zanieczyszczeń zagrażających użytkownikom tunelu. Zadaniem

wentylacji bytowej jest też dbanie o płynność i komfort jazdy poprzez usuwanie spalin oraz zanieczyszczeń powietrza ograniczających jego przejrzystość, co ma bezpośredni wpływ na bezpieczeństwo ruchu pojazdów. Wydajność wentylacji ustalana jest na podstawie wartości progowych stężeń tlenu węgla i dwutlenku azotu oraz przejrzystości powietrza wyrażonej czynnikiem absorpcji K. Czujniki te montowane są co pewien dystans. Jeżeli któryś z nich wykryje przekroczenie wartości progowej monitorowanego parametru, wówczas system sterujący wentylacją powinien załączyć odpowiednią parę wentylatorów lub odpowiedni system wentylacji w danej strefie, aby jak najszybciej osiągnąć warunki umożliwiające dalszą bezpieczną eksploatację tunelu. Jeżeli z jakichś względów dalsza eksploatacja byłaby niemożliwa, czyli stężenia mierzonych niebezpiecznych substancji w powietrzu utrzymywałyby się przez odpowiednio długi czas, obsługa tunelu może podjąć decyzję o wyłączeniu określonej nawy z ruchu.

Obecnie oddawane do użytkowania tunele wyposażone są w budynki techniczne, w których służby techniczne dyżurują 24 godziny na dobę, nadzorując funkcjonowanie obiektu. Obsługa na bieżąco monitoruje parametry powietrza, kamery monitoringu oraz kamery termowizyjne i może zdecydować, czy za pomocą drogowej sygnalizacji świetlnej zatrzymać wjazd pojazdów do tunelu, umożliwiając jednocześnie autom już się w nim znajdującym jego bezpieczne opuszczenie, gdy stężenie niebezpiecznych substancji jest za wysokie.

Wentylacja pożarowa tunelu służy do usuwania dymu i ciepła z intensywnością gwarantującą, że w czasie potrzebnym do ewakuacji ludzi na drodze z miejsc wystąpienia pożaru do miejsc bezpiecznych nie wystąpi zadymienie lub temperatura, która uniemożliwi bezpieczną ewakuację. Wentylacja pożarowa musi też uwzględnić bezpieczeństwo ekip ratowniczych i kontrolować rozprzestrzenianie się dymu i ciepła, a to zadanie skutecznie spełni wentylacja mechaniczna.

Wentylację pożarową projektuje się z wykorzystaniem symulacji numerycznych, gdyż tunele to obiekty skomplikowane i wielkokubaturowe. Na podstawie tych analiz oraz obowiązujących przepisów dobiera się rodzaj systemu, a także liczbę zestawów wentylatorowych o odpowiedniej mocy i wydajności. Do wybranego systemu wentylacji dobierany jest odpowiedni system zasilania i sterowania, tak aby zapewnić spełnienie wszystkich założeń projektowych oraz wymagany poziom niezawodności. Zdarzają się tunele na tyle krótkie, że w ich wypadku wystarczy wentylacja naturalna, różnica między poziomem nawy wjazdowej i wyjazdowej jest znaczna i jesteśmy w stanie udowodnić, że wentylacja ta będzie skuteczna.

Załącznik 3 w ust. 94 podaje trzy rodzaje wentylacji mechanicznej w tunelach:

- a) wzdłużna – z wzdłużnym przepływem powietrza na całej długości tunelu,
- b) poprzeczna – z poprzecznym ruchem powietrza na całej długości tunelu,
- c) półpoprzeczna – z poprzeczno-wzdłużnym lub wzdłużno-poprzecznym przepływem powietrza w tunelu.

W ramach wentylacji wzdłużnej tunel wentylowany jest na całej długości. W przypadku wentylacji poprzecznej tunel podzielony jest na odpowiednie strefy i jeśli w danej strefie wystąpi zagrożenie pożarowe i zadymienie, dym nie jest przetłaczany przez resztę tunelu, tylko w odpowiednich miejscach następuje nawiew powietrza kompensacyjnego i oddymianie strefy zagrożonej pożarem. Z kolei wentylacja półpoprzeczna z półpoprzeczno-wzdłużnym lub wzdłużno-poprzecznym przepływem powietrza w tunelu może obejmować wiele różnych rozwiązań, zależących od specyfiki tunelu i rozwiązania przyjętego przez projektanta.

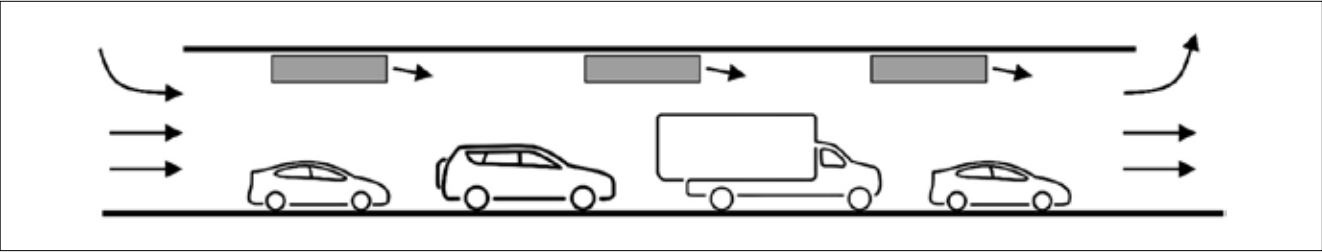
Rodzaje wentylacji i wentylatory

Zakres stosowania systemu wentylacji działającej dzięki wymuszonemu przepływowi powietrza wzdłuż lub w poprzek osi tunelu podaje ust. 96 załącznika 3 [1]. **Tabela 1** określa, dla jakiej długości tunelu można zastosować dany system wentylacji pożarowej. W załączniku tym znalazło się również rozgraniczenie ze względu na liczbę naw w tunelu. Nawa to przestrzeń, w której poruszają się pojazdy – mamy tunele jednonawowe i wówczas jezdnie dwukierunkowe oraz tunele dwunawowe, gdzie w każdej nawie tunelu prowadzony jest ruch tylko w jednym kierunku.

Rysunek 1 ilustruje przypadek jednokierunkowej nawy tunelu z widocznymi wentylatorami strumieniowymi, realizującymi projektowe założenia wentylacji wzdłużnej – wentylatory działają w kierunku ruchu pojazdów. Jeżeli mamy do czynienia z mechaniczną wentylacją bytową i mechaniczną wentylacją pożarową, to gdy w danej nawie wystąpi pożar, powietrze kierowane jest w kierunku od portalu wjazdowego do wyjazdowego. Chodzi o to, aby pojazdy znajdujące się za samochodem, który uległ pożarowi, zmuszone były do zatrzymania, a ich pasażerowie oraz inni użytkownicy

Tabela 1. Zakres stosowania systemów wentylacji mechanicznej działającej dzięki wymuszaniu przepływu powietrza wzdłuż lub w poprzek osi tunelu (z zastrzeżeniem ust. 98)

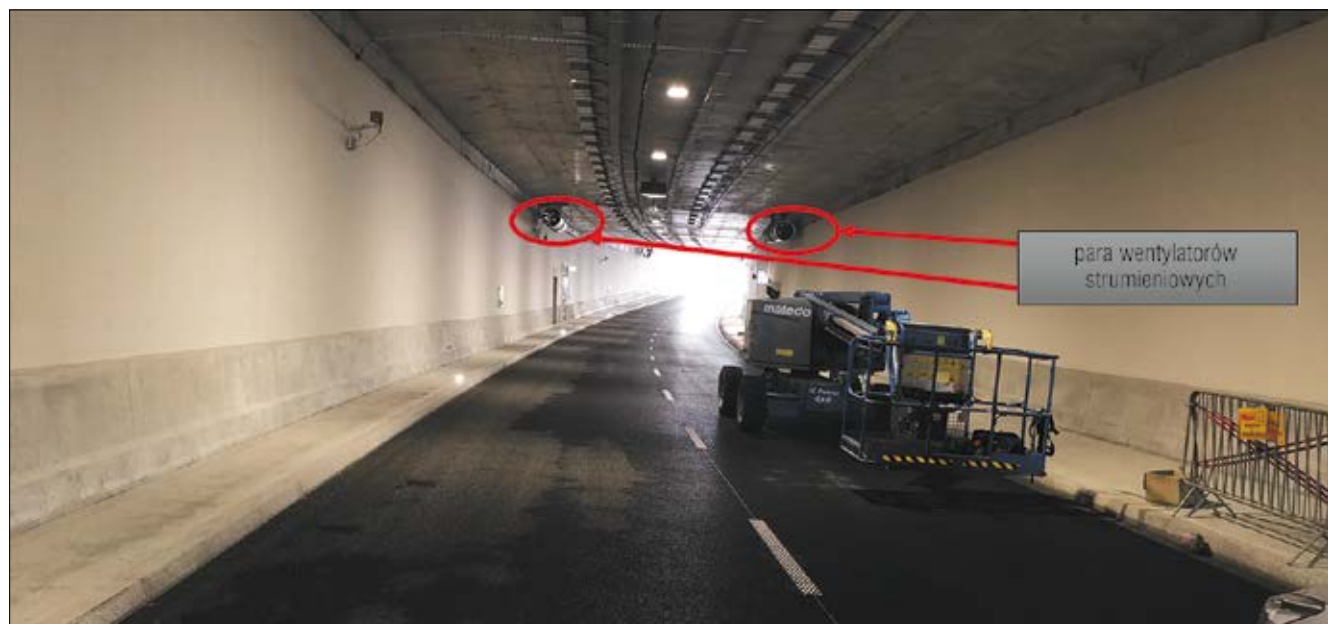
System wentylacji mechanicznej	Długość tunelu	
	prowadzącego jezdnię dwukierunkową	o oddzielnych konstrukcjach dla różnych kierunków ruchu
Wzdłużnej	nie większa niż 1000 m	nie większa niż 3000 m
Półpoprzecznej	większa niż 250 m, ale nie większa niż 1000 m	większa niż 250 m, ale nie większa niż 1000 m
Poprzecznej	większa niż 1000 m	większa niż 1000 m



Rys. 1. Wentylacja wzdłużna tunelu – schemat nawy i kierunku wentylacji

Źródło: ARDOR

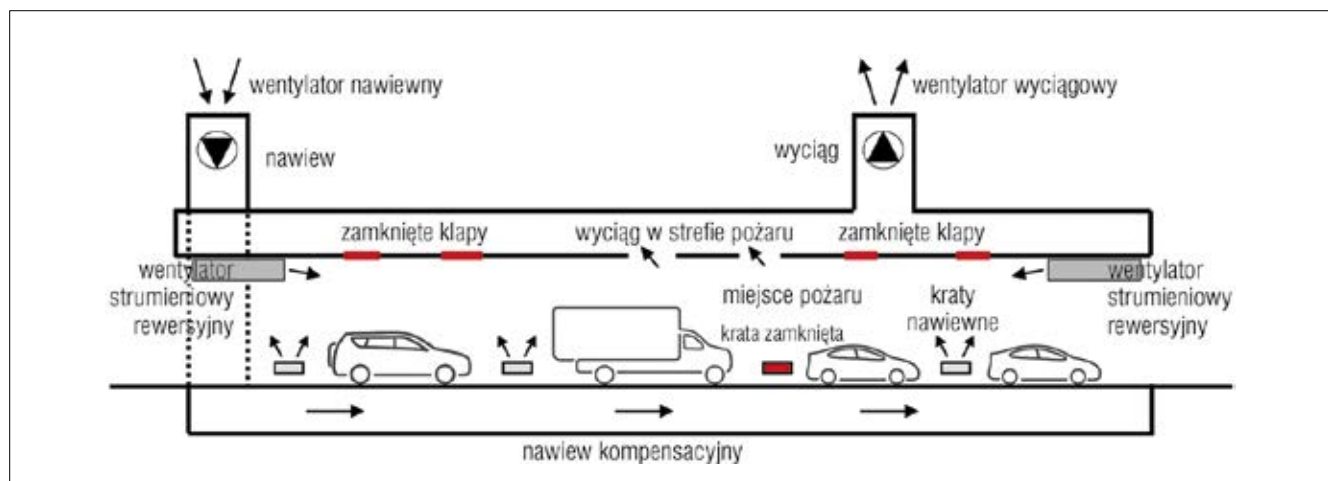
tunelu ewakuowali się, przechodząc do drugiej nawy tunelu (ewakuacyjnej), i zmięrzali w stronę portalu wjazdowego, natomiast dym kierowany był w stronę portalu wyjazdowego. Pojazdy znajdujące się przed miejscem wybuchu pożaru lub zagrożenia pożarowego mogą swobodnie opuścić obiekt, jadąc w tym samym kierunku, w którym usuwane jest powietrze z tunelu.



Fot. 1. Wentylacja wzdłużna tunelu – widok pary wentylatorów strumieniowych

Źródło: Neuron

Na **fot. 1** widać parę wentylatorów strumieniowych w nawie tunelu z wentylacją wzdłużną. Wentylatory te w większości tunelów montowane są i działają w parach. Jeżeli w danej parze nastąpiłaby awaria jednego wentylatora, który by się nie uruchomił albo przestał pracować, system sterowania musi natychmiast na to zareagować i wyłączyć również drugi wentylator (uruchamiając w zamian inną parę wentylatorów, żeby zachowana została wymagana wydajność przewietrzania). Obserwacje pracy tylko jednego wentylatora strumieniowego z danej pary w tunelu, w którym urządzenia

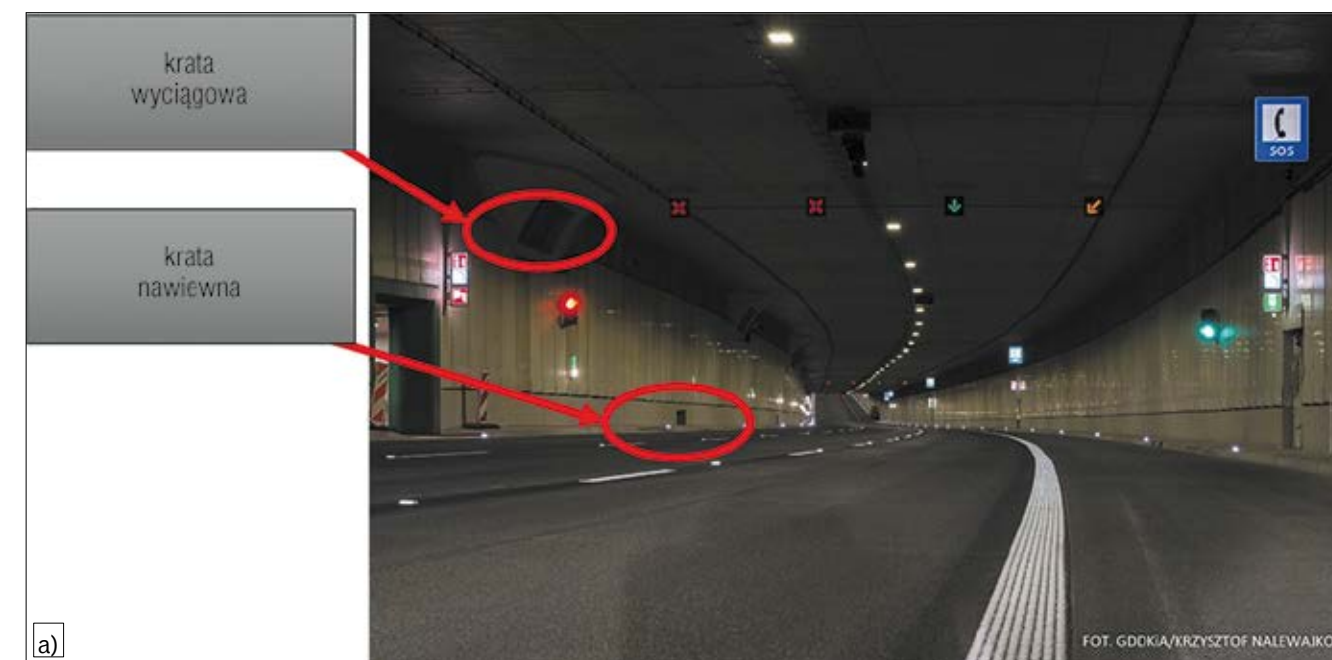


Rys. 2. Schemat działania wentylacji pożarowej poprzecznej w tunelu

Źródło: ARDOR

te zamontowane są przy ścianach bocznych, wskazują, że powietrze zaczyna krążyć od jego wylotu do wlotu i kotłuje się, zamiast utrzymywać oczekiwany kierunek. Dlatego zawsze trzeba wyłączyć parę wentylatorów strumieniowych, jeżeli pojawi się sygnał, że jeden z nich uległ uszkodzeniu. System sterowania monitoruje takie przypadki i gdy zajdzie potrzeba, automatycznie zareaguje, dokonując niezbędnych sterowań awaryjnych, przekazując również informację o uszkodzeniu do systemu nadrzędnego.

W przypadku wentylacji poprzecznej (**rys. 2**) mamy do czynienia z głównym wentylatorem nawiewnym i głównym wentylatorem wyciągowym oraz punktami nawiewnymi i wywiewnymi



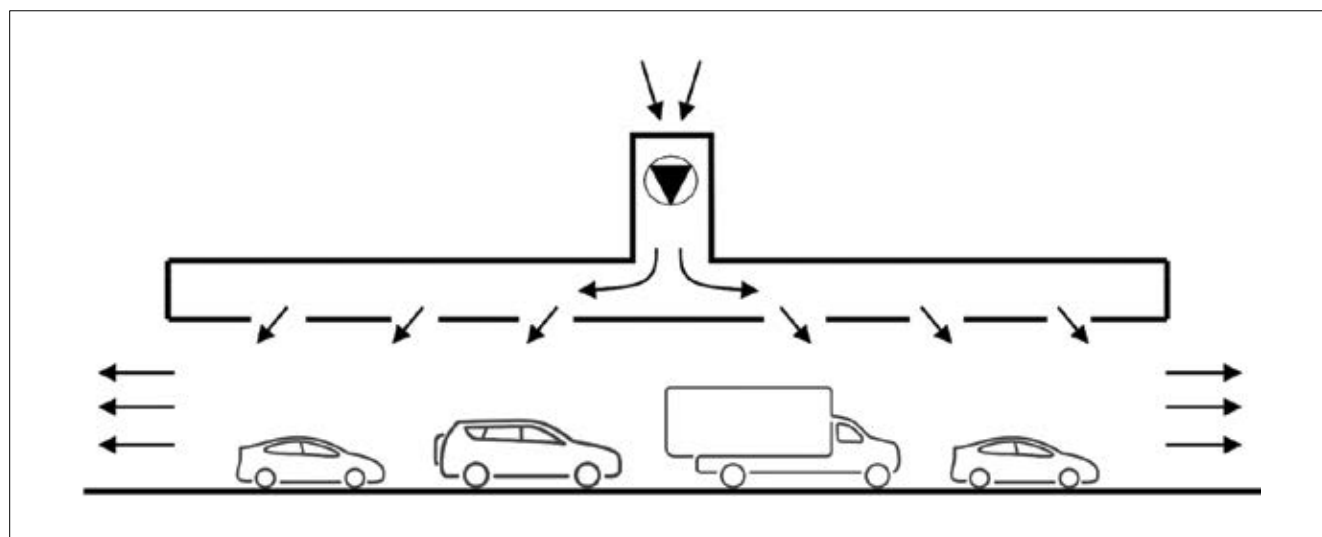
Fot. 2. Widok tunelu: a) zaznaczone kraty nawiewne i wyciągowe, b) para wentylatorów strumieniowych

Źródło: Neuron

wyposażonymi w automatycznie sterowane klapy przeciwpożarowe. Jeżeli w danej strefie wykryte zostanie zagrożenie pożarowe, włącza się nawiew kompensacyjny oraz wyciąg gorącego dymu – mieszaniny gazów pożarowych i powietrza. Krata nawiewna (lub kraty) w pobliżu miejsca pożaru (klapa przeciwpożarowa) zostaje zamknięta, a powietrze kompensacyjne jest kierowane z przodu i z tyłu miejsca (strefy) objętego pożarem, natomiast wyciąg następuje w strefie objętej pożarem.

Na **fot. 2a i b** przedstawiono przykład tunelu z wentylacją poprzeczną. Na początku i na końcu nawy występują często wentylatory strumieniowe rewersyjne, ponieważ w tunelu mamy zawsze do czynienia ze zjawiskiem ciągu powietrza. Wiatr, który pojawia się ze względu na warunki pogodowe, oraz ruch powietrza spowodowany przez samochody przejeżdżające przez tunel od portalu wjazdowego do wyjazdowego powodują „efekt tłoka”, czyli przesuwanie się mas powietrza zgodnie z kierunkiem ruchu pojazdów. Jeżeli chcemy oddymić jedną strefę w tym tunelu, nie mamy innego wyjścia jak zatrzymanie tego ruchu powietrza w momencie wykrycia pożaru. Służą do tego wentylatory strumieniowe, które załączają się w odpowiedniej sekwencji, z określonym algorytmem sterowania.

Bardzo ważną kwestią, która zostanie poruszona poniżej, jest pomiar kierunku i prędkości powietrza w tunelu, gdyż tylko na tej podstawie można załączyć strumieniowe wentylatory rewersyjne we właściwych kierunkach i z odpowiednią mocą, tak aby ustabilizować prędkość powietrza w tunelu w zakresie od ok. $-0,5$ do $0,5$ m/sekundę. Jest to potrzebne, żeby dym nie rozprzestrzenił się na całą objętość tunelu i mógł być wyciągnięty z danej strefy poprzez klapy znajdujące się w miejscu pożaru za pomocą ciągu z wentylatora oddymiającego. Na fot. 2b widzimy parę wentylatorów strumieniowych, które służą do zniwelowania ruchu powietrza wywołanego przez wiatr i utrzymania zadymienia tylko w jednej strefie. Z kolei na fot. 2a zaznaczone są kraty nawiewne i wyciągowe, czyli miejsca wlotu i wylotu powietrza od wentylatora nawiewnego i wyciągowego

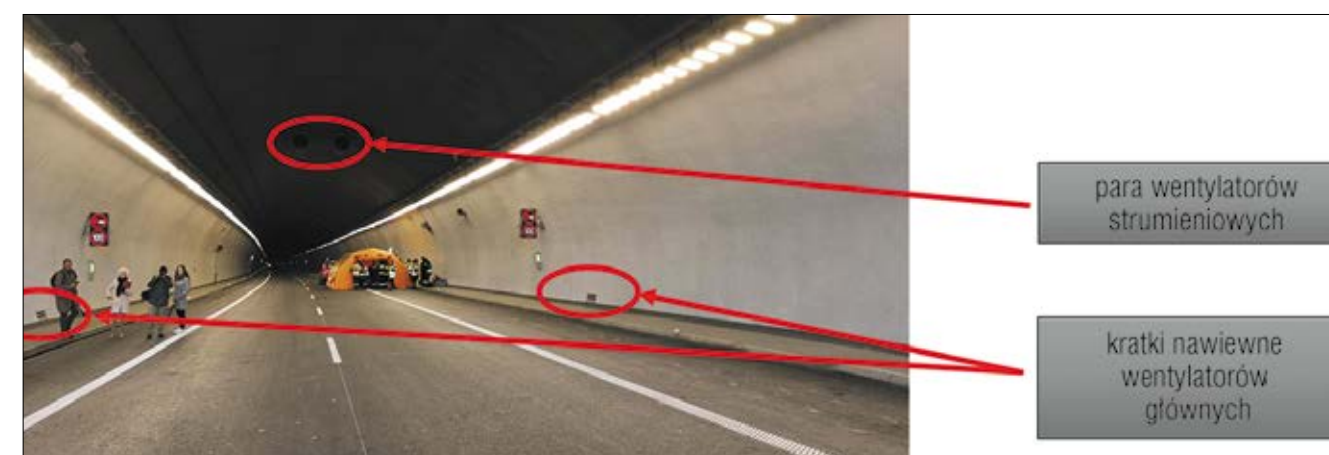


Rys. 3. Wentylacja pożarowa półpoprzeczna

Źródło: ARDOR

oddymiającego. Na **rys. 2** zaznaczono tylko po jednym wentylatorze, ale w praktyce stosuje się ich wiele, najczęściej pary odcięte odpowiednimi przepustnicami i klapami. Wentylatory te są dublowane po to, żeby w przypadku uszkodzenia jednego z nich został on odcięty, a system włączył wentylator rezerwowy.

W ramach wentylacji półpoprzecznej możliwe jest zastosowanie bardzo wielu rozwiązań. Na **rys. 3** podano jeden z przykładów wentylacji, w ramach której zastosowano wentylator nawiewny tłoczący powietrze do kanału nawiewnego, rozprowadzającego je po całej długości tunelu, oraz wywiew powietrza przez portale wjazdowy i wyjazdowy. Nawiew może być realizowany także w dolnej części tunelu. Zastosowane mogą być również wentylatory strumieniowe, które przetłaczają niebezpieczne gazy w przypadku normalnej, codziennej eksploatacji tunelu, jak również gazy pożarowe w razie wystąpienia zagrożenia pożarowego czy też już bezpośrednio podczas pożaru.



Fot. 3. Widok tunelu z nawiewem od dołu i rewersyjnymi wentylatorami strumieniowymi

Źródło: Neuron

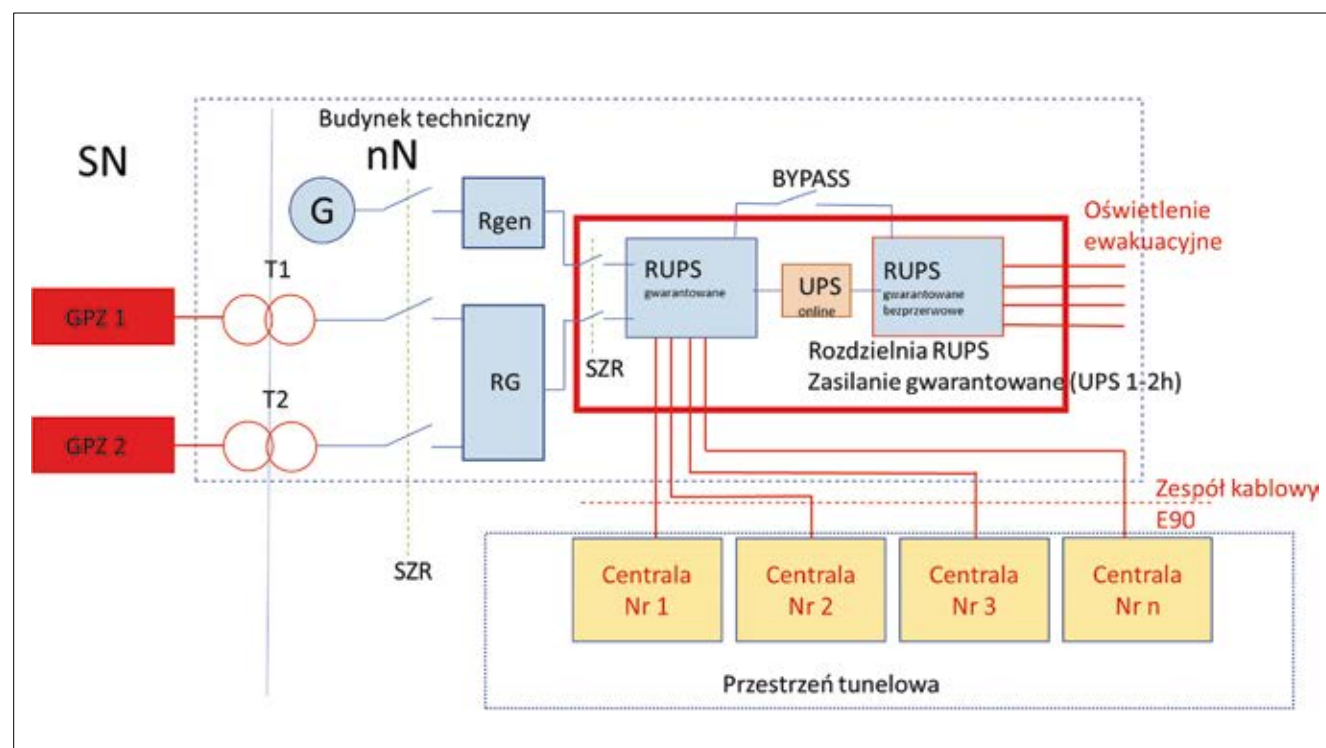
Na **fot. 3** pokazano tunel, w którym zastosowany został jeden z wariantów wentylacji półpoprzecznej. Zaznaczono parę wentylatorów strumieniowych rewersyjnych oraz miejsca, w których znajdują się kratki nawiewne. W przypadku wystąpienia zagrożenia pożarowego powietrze jest nawiewane przez kratki nawiewne w dolnej części, natomiast rewersyjne wentylatory strumieniowe załączają się w odpowiednim kierunku i dążą do usunięcia dymu i gorących gazów pożarowych z przestrzeni tunelu, tak aby możliwa była ewakuacja oraz by można było usunąć jak najwięcej ciepła i gazów pożarowych celu przeprowadzenia akcji ratowniczo-gaśniczej. System wentylacji usuwa też ciepło z pożaru, żeby zapobiec zapłonowi kolejnych samochodów. Przykładowo zapłon kilku ciężarówek w przypadku niedostatecznego odprowadzenia ciepła może spowodować zagrożenie nawet dla konstrukcji tunelu. Oczywiście konstrukcje te są wykonywane w odpowiedniej klasie nośności z użyciem stosownych izolacji przeciwpożarowych, niemniej ryzyko istnieje. Ważne jest też, że jeżeli sprawnie odprowadzimy ciepło, przywrócenie tunelu do eksploatacji będzie prostsze, szybsze i przede wszystkim mniej kosztowne.

Zasilanie i sterowanie urządzeniami

Rozpatrując kwestie sterowania wentylacją, musimy przede wszystkim wziąć pod uwagę, jak wygląda system zasilania dla danego tunelu. Większość projektantów ma doświadczenia związane z budynkami, w których wykorzystywane są systemy wentylacji pożarowej i zasilające je instalacje elektryczne. Znany jest zatem standard dotyczący zasilania systemów ppoż. w budynkach z dwóch źródeł. W przypadku tunelów jest to bardziej złożona kwestia.

W typowym budynku doprowadza się główne przyłącza zasilania i agregatu prądotwórczego do głównej rozdzielni, która powinna być także zasilaczem urządzeń przeciwpożarowych – certyfikowanym w pierwszym systemie weryfikacji stałości właściwości użytkowych, ponieważ służy do zasilania urządzeń ppoż. Wielkość takiej prostej rozdzielni głównej zależy od wielkości obiektu.

Natomiast w tunelach drogowych na ich obu końcach znajdują się budynki techniczne (czego wymaga rozporządzenie), które odpowiadają za zapewnienie zasilania całego systemu wentylacji i innych systemów w tunelu, takich jak oświetlenie ewakuacyjne, system rozgłoszeniowy komunikatów alarmowych, oświetlenie wjazdowe, sterowanie ruchem w tunelu, przejścia ewakuacyjne itd. – ilustruje to **rys. 4**. Mamy zatem zawsze dwa przyłącza z głównych przyłączy zasilania i energia trafia do rozdzielni głównej, dodatkowo na każdym końcu tunelu znajduje się agregat prądotwórczy. To wszystko trafia do kolejnej rozdzielni z UPS-em dla oświetlenia ewakuacyjnego, czyli mamy do czynienia z dodatkowym zasilaniem i wyjściem z tej rozdzielni przez dodatkowe UPS-y, które zapewniają tak naprawdę czwarte już podtrzymanie zasilania na pełne dwie godziny pracy systemu



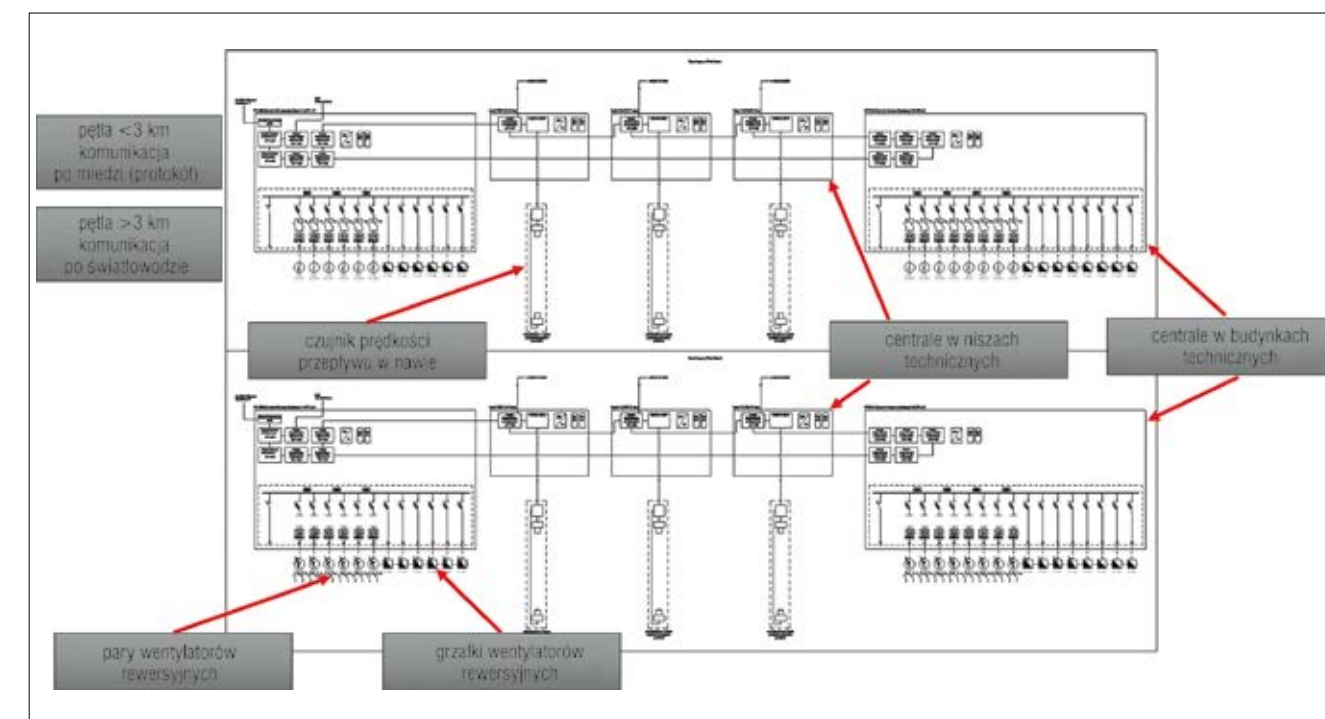
Rys. 4. Schemat ideowy zasilania tunelu drogowego

Źródło: Voltar System

oświetlenia. Natomiast sprzed UPS-a mamy wyprowadzone zasilanie do central sterująco-zasilających systemu wentylacji pożarowej.

System taki może mieć kilka rozwiązań zasilania obiektowego central – mogą to być pojedyncze tory zasilania, gdyż w rozdzielniach w budynku technicznym zamontowany jest układ SZR (samoczynnego załączenia rezerwy) i pewność zasilania jest zapewniona. W innym skutecznym rozwiązaniu na dwóch końcach tunelu znajdują się główne rozdzielnie i główne centrale sterująco-zasilające wentylacją, do których doprowadzone jest napięcie zasilania z rozdzielni zasilanej z dwóch źródeł oraz z agregatu prądotwórczego. Centrale sterująco-zasilające przełączają zasilanie pomiędzy różnymi źródłami (rozdzielnia, agregat), a dodatkowo wyprowadzone jest z nich zasilanie dla kolejnych central (obiektowych, niszowych).

Na **rys. 5** zamieszczono schemat zasilania i sterowania systemu wentylacji pożarowej w tunelu, który ma ok. 600 m długości. Doprowadzenie zasilania do każdej centrali sterująco-zasilającej realizowane jest z bliższego końca tunelu, tak aby zasilanie całego systemu odbywało się z obu budynków technicznych znajdujących się na końcach obiektu – tego wymaga rozporządzenie. Mamy też kolejne niszowe centrale sterująco-zasilające. Nisze to pomieszczenia w przestrzeni tunelu, zabezpieczone i zamknięte odpowiednimi drzwiami przeciwpożarowymi, gdzie znajdują się lokalne centrale bądź centrale zasilania i sterowania systemów wentylacji kolejnych grup wentylatorów, par wentylatorów strumieniowych lub służące do zbierania informacji z czujników, które są wymagane do pracy systemu sterowania i nadzoru obiektu.



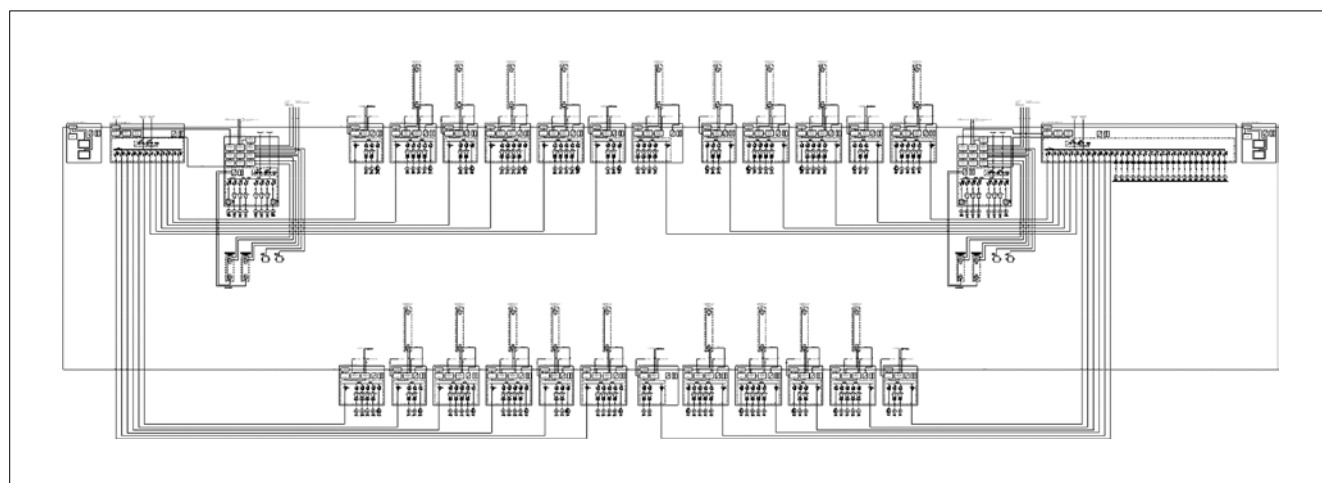
Rys. 5. Schemat zasilania i sterowania wentylacją pożarową w tunelu drogowym o długości ok. 600 m

Źródło: Neuron

W tunelach drogowych mamy do czynienia z czujnikami prędkości przepływu powietrza w nawach. Są one bardzo ważne, gdyż przez cały czas mierzą prędkość przepływu powietrza w tunelu i pozwalają odpowiednio reagować wentylacji bytowej w sytuacji, gdy wiatr jest zbyt silny i przepływ za duży, oraz w razie wystąpienia zagrożenia pożarowego – żeby możliwe było utrzymanie prędkości przepływu w odpowiednich granicach w początkowej fazie pożaru oraz gazów pożarowych w jednej strefie, tak by przeprowadzona została ewakuacja z pozostałej części nawy. Z kolei w czasie oddymiania tunelu konieczna jest możliwość nadążnego kontrolowania prędkości przepływu powietrza, tak by nie była ani za mała, ani zbyt duża. Za duża prędkość spowoduje, że prowadzenie akcji ratowniczo-gaśniczej będzie utrudnione – prędkość powyżej ok. 6 m/s to już mocny wiatr, przy którym działania ekip ratowniczo-gaśniczych będą zdecydowanie utrudnione. Z kolei przy prędkościach mniejszych, poniżej 2–3 m/s, w określonych warunkach może dojść do cofania się gazów w kierunku, w którym jest to niezamierzone i niebezpieczne.

Na **rys. 5** zaznaczone zostało m.in. zasilanie miejscowych par wentylatorów rewersyjnych i grzałek do tych wentylatorów. W tunelach występuje bowiem wysoka wilgotność powietrza, gdyż są one lokalizowane poniżej poziomu gruntu – pod rzekami, górami lub budynkami. Ponadto w okresie niskich temperatur może dochodzić do wykraplania się wilgoci w wentylatorach, dlatego powinny one być w odpowiedni sposób wygrzewane (osuszane).

Komunikacja pomiędzy wszystkimi centralami, czujnikami prędkości przepływu powietrza itd. powinna być realizowana w topologii pętlowej, aby w przypadku pojedynczej przerwy w torze transmisji możliwa była komunikacja z każdym elementem systemu sterowania i zasilania. W praktyce pętla komunikacyjna do ok. 3 km wykonywana jest przewodami „po miedzi”, natomiast w przypadku



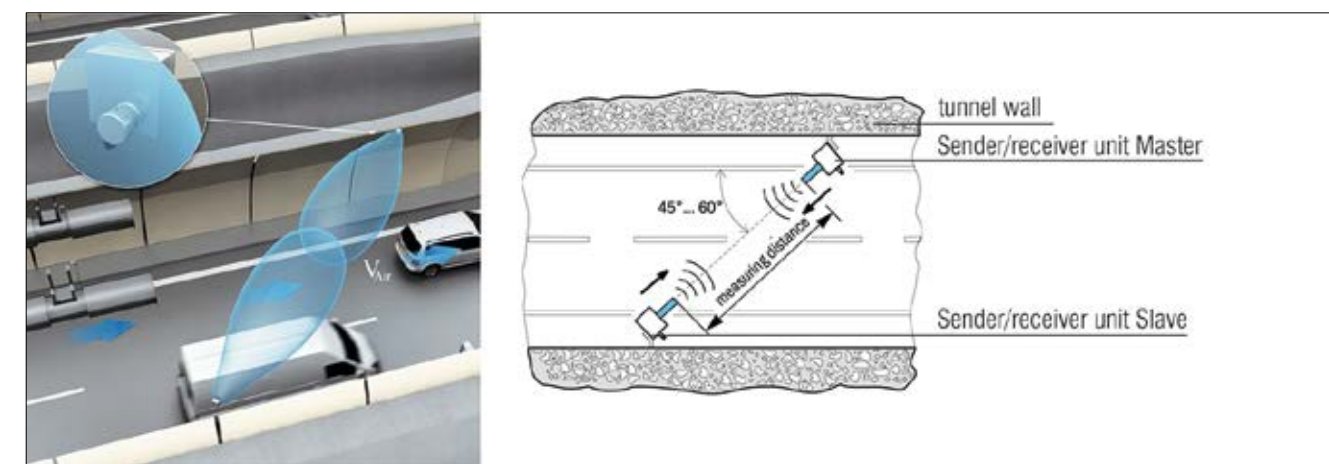
Rys. 6. Schemat instalacji zasilania i sterowania wentylacji pożarowej w tunelu o długości ok. 2100 m. Opis: pętla światłowodowa – 7 km; dwa panele ręcznego sterowania (strażaka); cztery centrale w budynkach technicznych (z SZR) – wentylatory nawiewne, przepustnice, kurtyny powietrzne; dwadzieścia cztery centrale niszowe – pary wentylatorów strumieniowych (rewersyjnych) oraz ultradźwiękowe czujniki prędkości przepływu powietrza; zasilanie – połowa tunelu z budynku technicznego

Źródło: Neuron

większych odległości realizowana za pomocą protokołu światłowodowego, gdyż daje on szerokie możliwości – działa skutecznie, nawet gdy kolejne urządzenia dzieli 20 km, a jest ich łącznie aż 255. Między poszczególnymi centralami występują przeważnie odległości od 200 m do 1 km. Ten jeden kilometr to odległość do budynków technicznych, gdzie znajdują się panele ręcznego sterowania i monitoringu dla obsługi tunelu lub kierującego akcją ratowniczo-gaśniczą, o których mowa poniżej.

Na **rys. 6** znajduje się schemat systemu zasilania i sterowania w tunelu o długości ponad 2 km. Jest to system dużo bardziej rozbudowany, z większą liczbą urządzeń. W przypadku poprzednio opisywanego tunelu mieliśmy do czynienia z trzema czujnikami prędkości przepływu powietrza na nawę, tutaj jest ich aż dziewięć. Prędkość z pomiarów w tych czujnikach jest uśredniana – skrajne wartości są odrzucane. Algorytm sterowania nie bierze również pod uwagę pomiarów z czujników, które zgłaszają stan awaryjny oraz których pomiary odbiegają o ponad 0,5 m/s od pozostałych. Na rysunku widać, że panele dla kierującego akcją ratowniczo-gaśniczą znajdują się po każdej ze stron tunelu w budynkach obsługi technicznej. Układy zasilania central są redundantne. Połowa tunelu jest zasilana z jednej strony, a druga połowa ze strony drugiej. Dla takiego obiektu pętla światłowodowa między kolejnymi urządzeniami wynosi ok. 7 km. To bardzo duże odległości – w budynkach użyteczności publicznej maksymalna długość pętli komunikacyjnej wynosi ok. 1000 m (w przypadku obiektów o wysokości 200–250 m i rozbudowanej podstawie, jak np. Sky Tower we Wrocławiu).

W układzie sterowania i zasilania tunelu o długości ok. 2 km występują dwa panele ręcznego sterowania dla kierującego akcją ratowniczo-gaśniczą, cztery centrale główne w budynkach technicznych oraz 24 centrale niszowe. Centrale główne obsługują główne wentylatory nawiewne i klapy pożarowe tych wentylatorów oraz zasilają wszystkie centrale niszowe, które z kolei zasilają i sterują

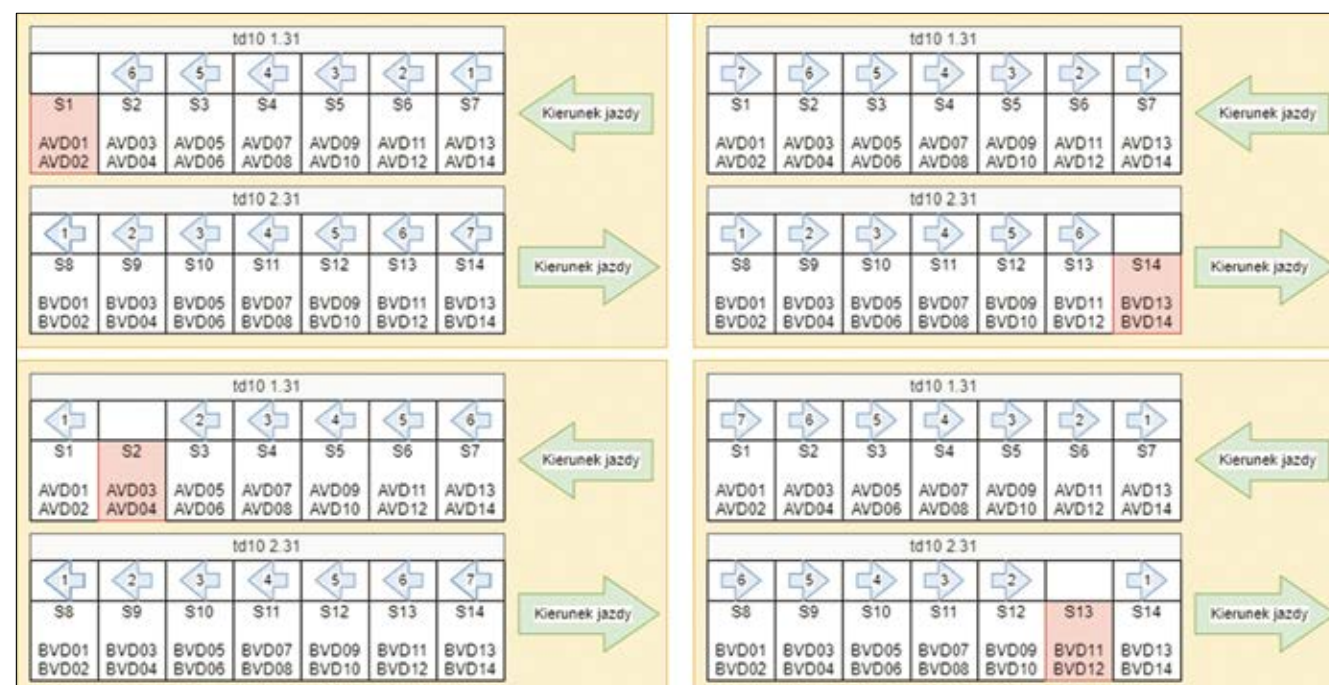


Rys. 7. Ultradźwiękowy czujnik prędkości przepływu powietrza w tunelu. Funkcje: obudowa – stal kwasoodporna, IP65; ultradźwiękowa metoda pomiaru prędkości przepływu powietrza; pomiar w zakresie od -20 do +20 m/s („-” oznacza kierunek przeciwny do ruchu pojazdów, „+” oznacza kierunek zgodny z ruchem pojazdów); urządzenie przebadane w CNBOP (element Centrali Sterująco-Zasilającej HT-X000)

Źródło: Neuron

parami wentylatorów strumieniowych rewersyjnych oraz nadzorują i zbierają informacje, a także zasilają ultradźwiękowe czujniki prędkości przepływu powietrza. Ultradźwiękowy czujnik przepływu (**rys. 7**) powietrza składa się z jednostki nadzorującej umiejscowionej w centrali sterująco-zasilającej urządzeń przeciwpożarowych. Posiada dwa sensory zamontowane pod kątem od 45 do 60 stopni i dysponuje sygnałami ultradźwiękowymi, które pozwalają określić prędkość i kierunek przepływu powietrza w tunelu.

Ze względu na szkodliwe i ciężkie warunki pracy w tunelach drogowych obudowa takich sensorów ultradźwiękowych wykonana jest ze stali kwasoodpornej i ma IP65. Pomiar wykonywany jest w zakresie od -20 do +20 m/s (minus oznacza kierunek przeciwny do kierunku ruchu pojazdów, a plus zgodny z tym kierunkiem) – jest to bardzo istotne dla algorytmu sterującego. Urządzenia te wykorzystywane są także w czasie pracy wentylacji pożarowej, będąc jednym z kluczowych elementów systemu. Dlatego powinny być wprowadzone do obrotu i stosowane w zakresie ochrony przeciwpożarowej w pierwszym systemie oceny i weryfikacji stałości właściwości użytkowych. W rozporządzeniu dotyczącym wyrobów budowlanych wymieniono np. czujniki ciśnienia, które można badać, utworzyć dla nich krajową ocenę techniczną i certyfikować jako oddzielne urządzenia czy oddzielne wyroby budowlane. Natomiast czujników prędkości przepływu nie ma w rozporządzeniu



Rys. 8. Schematy działania wentylacji pożarowej w dwóch nawach tunelu drogowego z pożarem w strefie innej niż wjazdowa. Opis: brak uruchomienia pary wentylatorów najbliższej źródła pożaru; uruchomienie wentylatorów w nawie objętej pożarem zgodnie z kierunkiem ruchu; uruchomienie wentylatorów w nawie ewakuacyjnej zgodnie z wentylatorami w nawie objętej pożarem; regulacja prędkości przepływu powietrza w nawie objętej pożarem oraz w nawie ewakuacyjnej; T0 – alarm pożarowy; T1 – czas ewakuacji: prędkość $0 \text{ m/s} < V1 < 1,5 \text{ m/s}$ – konieczność hamowania występującego wiatru; T2 – czas zakończenia ewakuacji: prędkość $3 \text{ m/s} < V2 < 6 \text{ m/s}$ Źródło: Neuron

i z tego powodu – w zgodzie z aktualnym prawem – powinny być one elementami innego systemu, np. centrali sterująco-zasilającej w tunelu.

Na **rys. 8** zilustrowane zostały schematy działania systemu wentylacji dla tunelu dwunawowego (każda nawa jest jednokierunkowa). W momencie wystąpienia zagrożenia pożarowego w którejkolwiek strefie nawy w czasie oddymiania powinno się załączyć tyle par wentylatorów, ile jest konieczne ze względu na utrzymanie wymaganej prędkości przepływu o odpowiednim kierunku. Sprawdzanie wartości prędkości przepływu odbywa się na bieżąco, a algorytm sterujący łączy lub wyłącza kolejne pary w celu utrzymania prędkości w wymaganych granicach. Natomiast w nawie ewakuacyjnej, aby nie doszło do podciągania i zasysania do niej dymu z nawy objętej pożarem, wentylatory powinny się włączyć w tym samym kierunku, w którym włączają się wentylatory w nawie objętej pożarem (w kierunku ruchu pojazdów) – sytuację tę ilustruje lewa górna część rys. 8. Ponieważ między nawami znajdują się przejścia i użytkownicy tunelu muszą się ewakuować z nawy objętej pożarem do sąsiedniej, nawa ewakuacyjna wymaga zabezpieczenia przed zassaniem dymu.

Ważne jest, aby nie nastąpiło uruchomienie wentylatorów znajdujących się najbliżej źródła pożaru, tam, gdzie strażacy muszą przystąpić do akcji gaśniczej. Praca wentylatorów w tym miejscu grozi bowiem rozwarstwieniem dymu i brakiem widoczności oraz dostępem do źródła pożaru.

Ważna jest regulacja wentylacji w czasie od 0 do T1, czyli od alarmu do końca ewakuacji. Może to trwać kilka minut i zależy od liczby dróg ewakuacyjnych do sąsiedniego tunelu, długości dojazdu i długości tunelu. W tym czasie należy utrzymywać prędkość przepływu w zakresie od -1,5 do 1,5 m/s (najlepiej od -0,5 do 0,5 m/s). Czyli jeżeli nastąpi wykrycie pożaru, należy sprawdzić, jaka jest prędkość i kierunek przepływu powietrza i włączyć odpowiednią liczbę par wentylatorów we właściwym kierunku, tak aby ruch powietrza wyhamować, żeby dym nie był rozprowadzany po całej długości tunelu, ale utrzymywał się w strefie objętej pożarem. Natomiast gdy następuje czas T2, czyli zakończenie ewakuacji, prędkość wentylacji w zależności od rozwiązania i długości tunelu oraz założeń projektowych powinna wynosić od 3 do 6 m/s. Czyli należy cały czas kontrolować, w którym kierunku odbywa się przepływ powietrza i jaką ma wartość, żeby załączyć odpowiednią liczbę par wentylatorów. System musi nadążnie sterować tymi wentylatorami w taki sposób, aby prędkość ta była utrzymywana. Warto pamiętać, że bezwładność systemu, czyli czas od włączenia pary wentylatorów do momentu osiągnięcia zamierzonego efektu w tunelu, wynosi ok. 1–1,5 min. Zatem zanim rozpędzimy albo wyhamujemy dany strumień powietrza w tunelu, minie ok. 1 min. Z tego wynika konieczność wykonania serii symulacji, które pomogą określić, ile par wentylatorów należy włączyć w razie wybuchu pożaru, aby skutecznie wyhamować ruch w zależności od wartości prędkości powietrza w tunelu, a następnie dołączać lub odłączać kolejne pary wentylatorów lub nie podejmować żadnych działań, gdy prędkość utrzymuje się w granicach projektowych. Nie

należy się sugerować zmianą bądź jej brakiem po kilku sekundach – w praktyce należy stosować interwały czasowe ok. 1–1,5 min.



Fot. 4. Próby dymowe w tunelu: a) w trakcie ewakuacji, b) w czasie pracy systemu oddymiania



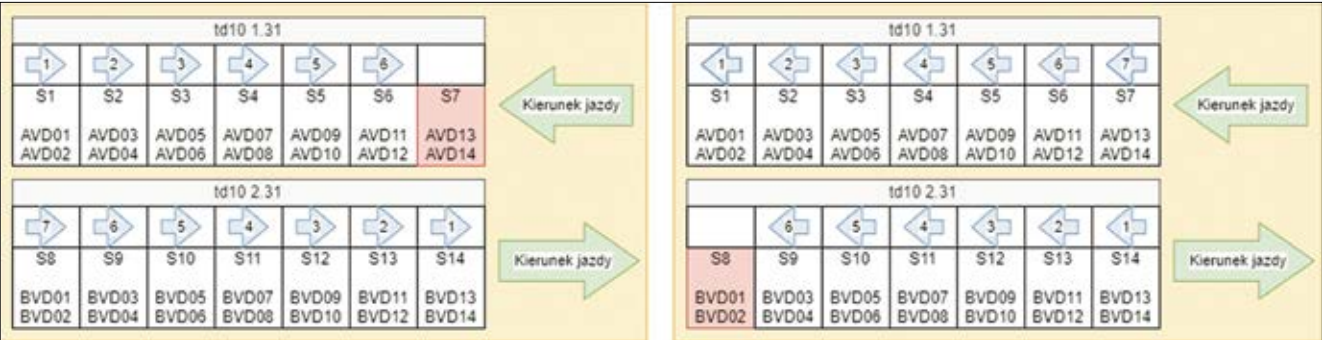
Fot. 5. Próby dymowe w tunelu drogowym – widoczne przemieszczanie się dymu po przejściu systemu w tryb akcji ratowniczo-gaśniczej

Fot. 4 ilustruje próby dymowe w tunelu – widać, że w czasie przewidzianym na ewakuację dym utrzymuje się w strefie i nie występuje przepływ powietrza przez tunel (dym gromadzi się w miejscu objętym pożarem). Z kolei po ewakuacji, w czasie pracy systemu oddymiania dym przemieszcza się w kierunku od nawy wjazdowej do wyjazdowej.

Na fot. 5 widać, że dym podgrzewany przez płomień z tac przemieszcza się z prędkością od 3 do 6 m/s. W czasie prób nie ma wysokiej temperatury i nie unosi się ku samej górze – migruje w dużej przestrzeni tunelu. Próba dymowa ma jednak za zadanie przede wszystkim sprawdzić działanie systemu wentylacji i kierunków przepływu w tunelu i niniejsza potwierdza jego skuteczność.

Wyjątkiem od zasady, że przy wentylacji wzdłużnej należy oddymiać tunel zawsze zgodnie z kierunkiem jazdy, jest sytuacja, kiedy pożar wybucha przy portalu wjazdowym (rys. 9).

Stosując zasadę, że oddymiamy zgodnie z kierunkiem poruszania się samochodów, trzeba byłoby przepychać dym i mieszaninę gazów pożarowych od portalu wjazdowego przez cały tunel do portalu wyjazdowego. Dlatego jeśli pożar wystąpi w tej strefie bądź w dwóch pierwszych strefach nawy przy portalu wjazdowym, kierunek przepływu ustala się jako przeciwny do kierunku jazdy

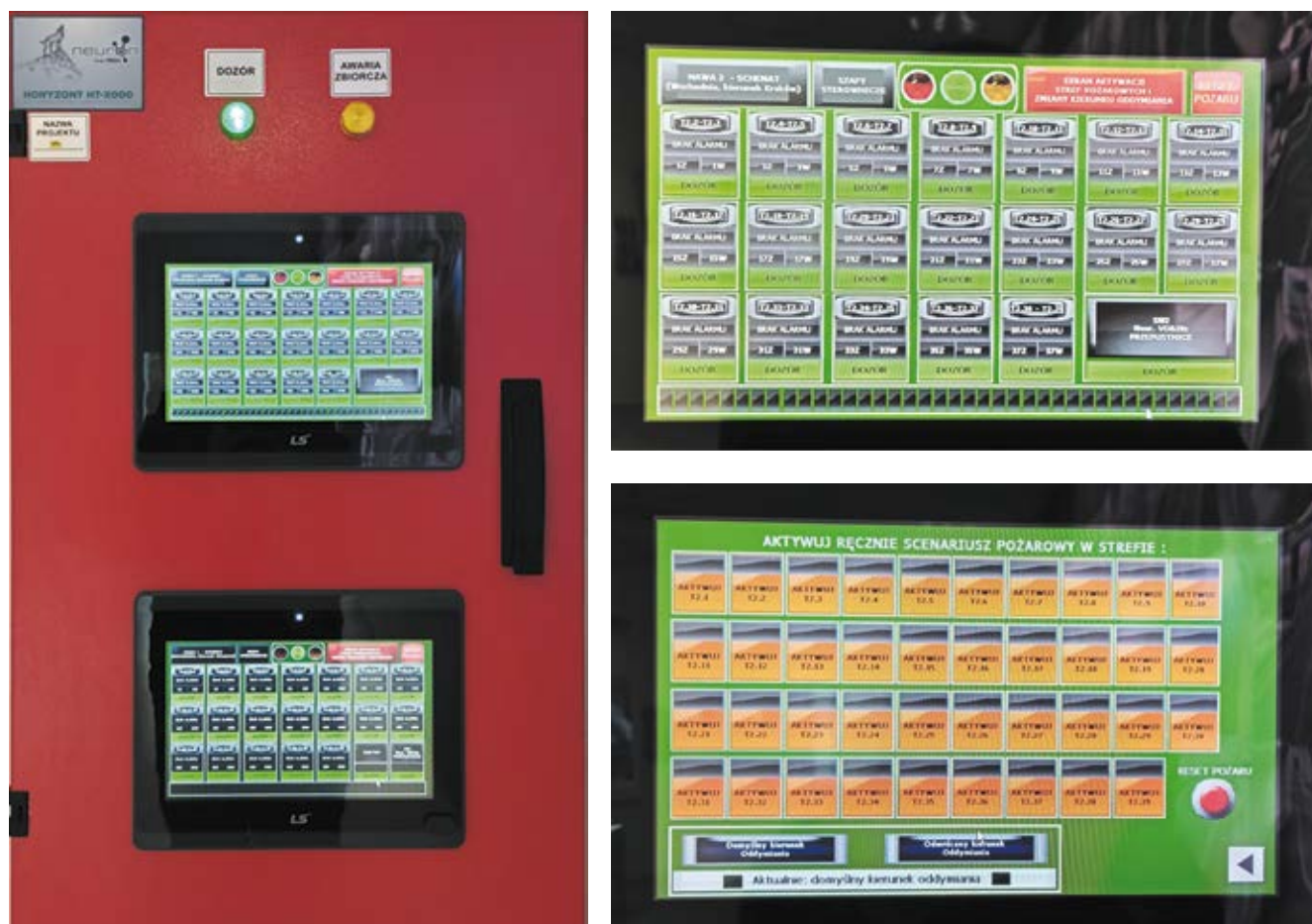


Rys. 9. Schemat działania wentylacji w przypadku pożaru w portalu wjazdowym



Fot. 6. Portal wjazdowy do nawy tunelu drogowego – oddymianie przeciwne do kierunku poruszania się samochodów daje najlepsze efekty

pojazdów. Dym i mieszanina gazów pożarowych mają wówczas najkrótszą drogę do opuszczenia tunelu. W nawie ewakuacyjnej wentylacja powinna pracować w tym samym kierunku co w nawie pożarowej, a więc tym razem kierunek wentylacji będzie w niej zgodny z kierunkiem jazdy samochodów. Chodzi o to, aby nie było możliwości zassania dymu z nawy objętej pożarem do nawy ewakuacyjnej. Na **fol. 6** pokazano portal wjazdowy do nawy tunelu drogowego. Widać, że oddymiając przeciwnie do kierunku poruszania się samochodów, osiągniemy najlepsze efekty.



Fot. 7. Panel sterowania

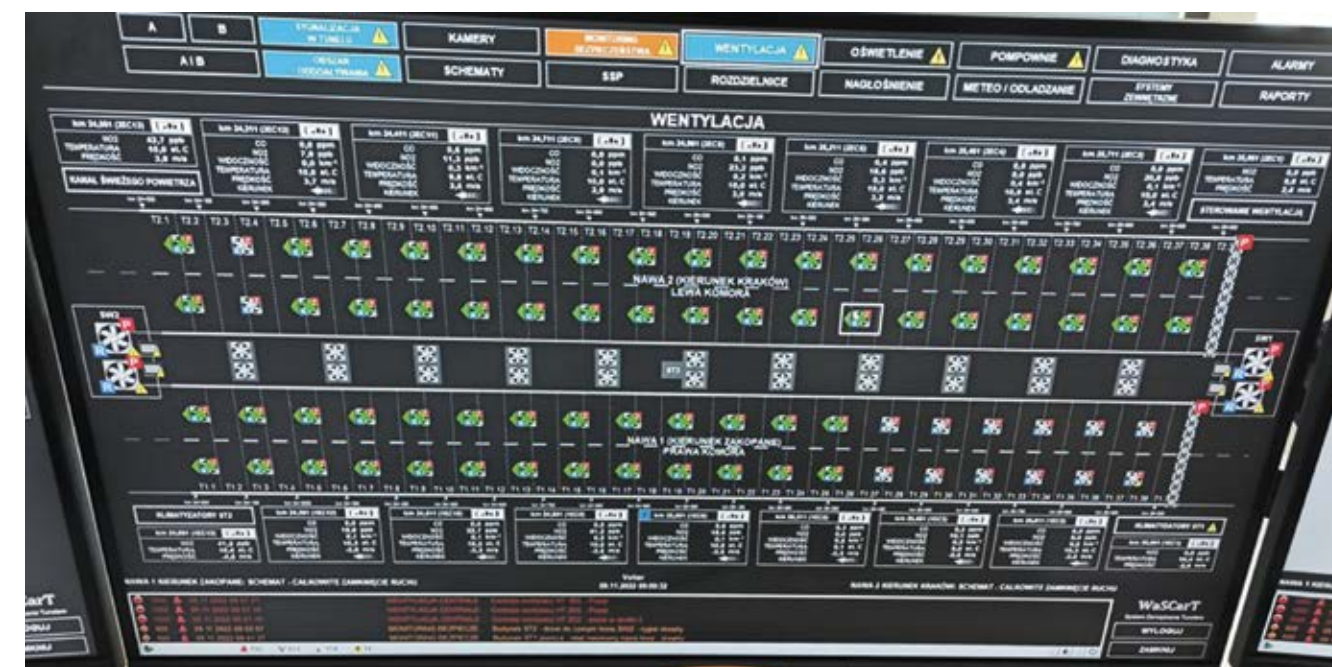
Istotnym elementem systemu jest panel obsługi dla straży pożarnej (**fol. 7**). Jest to również pełnowartościowa centrala sterująco-zasilająca urządzeń przeciwpożarowych. W przypadku tuneli o znacznej długości każda nawa powinna mieć swój panel dotykowy, z możliwością ręcznego sterowania wszystkimi elementami systemu (wentylatory, klapy przeciwpożarowe), załączenia odpowiedniej strefy pożarowej, czyli wywołania akcji w odpowiedniej strefie lub zatrzymania danej nawy czy części systemu w celu ułatwienia akcji ratowniczej po zakończeniu akcji gaśniczej. Komunikacja z takim panelem powinna być pętlowa (ograniczenie możliwości utraty funkcji nadzoru i sterowania), wykonywana najczęściej w standardzie światłowodowym (ze względu na znaczne odległości tunelu od budynków obsługi technicznej). Panel powinien również zapewniać wizualizację pracy

Źródło: Neuron

wszystkich elementów systemu. Funkcje ręcznego sterowania powinny być zabezpieczone kodem dostępnym dla strażaka na poziomie drugim. Panel powinien mieć funkcje wyłączenia, załączenia, zmiany kierunku pracy każdej pary wentylatorów strumieniowych i głównych oraz otwarcia i zamknięcia przepustnic klap wentylatorów nawiewnych, a także zmiany kierunku przepływu nawy objętej pożarem oraz nawy ewakuacyjnej, wywołania konkretnego scenariusza pożarowego i resetu pożarowego (czy też blokady pracy systemu).

Przykładowo w jednym z tuneli podczas ćwiczeń służb ratowniczych, które przeprowadzono przed jego otwarciem, okazało się, że panel taki ma duże znaczenie, gdy jest zlokalizowany w pomieszczeniu obsługi, gdyż kierujący akcją ratowniczo-gaśniczą, obserwując sytuację na systemie monitoringu wizyjnego i termowizyjnego, mógł nadążnie ręcznie sterować pracą systemu wentylacji pożarowej w sytuacji, w której uznał to za konieczne – ułatwiając działania służb. Mając również kontakt z prowadzącymi akcję bezpośrednio w tunelu, mógł reagować na sugestie pochodzące z miejsca zdarzenia, gdzie zdecydowano o wyłączeniu wentylacji w nawie objętej pożarem w sytuacji usunięcia zagrożenia i oddymienia nawy, gdy pracujące wentylatory mogły utrudniać działania służb ratowniczych.

Fot. 8 przedstawia wizualizację w systemie BMS tunelu – widoczne są: nawa objęta pożarem, nawa ewakuacyjna oraz przejścia poprzeczne (ewakuacyjne). Załączyły się pary wentylatorów w nawie objętej pożarem (poza parą najbliższą miejsca pożaru) oraz pary wentylatorów strumieniowych w nawie ewakuacyjnej – z wyjątkiem sześciu par, aby w przypadku otwartego przejazdu w środku tunelu pomiędzy nawami utrzymany był kierunek przepływu powietrza z nawy ewakuacyjnej



Fot. 8. Panel z wizualizacją systemu wentylacji i jego elementów w systemie monitoringu i nadzoru tunelu

Źródło: Neuron

do nawy objętej pożarem i nie występował przepływ dymu z nawy objętej pożarem do nawy ewakuacyjnej, a w nawie ewakuacyjnej włączone są pary wentylatorów w odpowiednim kierunku. Wiązać wentylatory główne i przepustnice. W przejściach poprzecznych zastosowano nadciśnieniowy system zapobiegania zadymieniu, który utrzymuje wymagane nadciśnienie w przypadku drzwi zamkniętych lub wymagany przepływ w przypadku drzwi otwartych. Powietrze do nadciśnieniowego zabezpieczenia przejścia czerpane jest zawsze z nawy ewakuacyjnej.

Podsumowanie

Wentylacja tuneli to zadanie złożone i ważne jest, aby na etapie projektowania elementów i rozwiązań zarządzenia użytkowaniem i bezpieczeństwem tunelu przewidzieć wzajemne powiązania między poszczególnymi systemami obiektu, a na etapie wykonawstwa i prób, podczas uruchomień i odbiorów sprawdzić realizację przyjętych założeń i poprawność funkcjonowania elementów bezpieczeństwa i zastosowanych systemów zasilania i sterowania urządzeniami.

Literatura

1. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 24 czerwca 2022 r. w sprawie przepisów techniczno-budowlanych dotyczących dróg publicznych (DzU 2022, poz. 1518)
2. Materiały techniczne firm: Ardor, Neuron – Grupa TECH, Voltar System

mgr inż. Małgorzata Sawczuk, TR Inżynier

www.trinzynier.com.pl, www.lifecad.pl

Przesłanki wyboru rozwiązań ppoż. w odniesieniu do stałych urządzeń gaśniczych wodnych

Stale urządzenia gaśnicze wodne to grupa rozwiązań przeznaczonych dla obiektów i zadań różnego typu, które w niektórych wypadkach mogą być stosowane zamiennie. Wybór rozwiązania dla konkretnego budynku lub jego części wymaga przeprowadzenia analizy, jaki rodzaj instalacji sprawdzi się najlepiej pod względem ochrony ppoż. oraz funkcji użytkowych. Kluczowe jest m.in. dostępność zasilania w wodę i możliwości jego wykorzystania. W praktyce każdy budynek może być chroniony przez stałe urządzenie gaśnicze wodne, jednak przepisy wymagają zastosowania takiej ochrony tylko w przypadku niektórych obiektów.

Ostatnie lata przyniosły intensywny rozwój inżynierii zabezpieczenia przeciwpożarowego. Instalacje tryskaczowe uznawane są często w branży za dobrze znane, przetestowane i niemożliwym niczym szczególnym zaskoczyć, powszechne jest też przekonanie, że instalacje mgły wodnej przeciwpożarowej nadają się do zastosowania tylko w bardzo wysokich budynkach biurowych. O instalacji zraszaczowej czasem ktoś słyszał, a może nawet widział, ale raczej tylko w zastosowaniu lokalnym w jakimś szczególnym pomieszczeniu. Jednak producenci takich rozwiązań stale je rozwijają i zdecydowanie nie powiedzieli jeszcze ostatniego słowa.

W polskim porządku prawnym funkcjonuje pojęcie „stałe urządzenie gaśnicze” (SUG), obejmujące:

- **SUG-W**, czyli stałe urządzenie gaśnicze **wodne**, takie jak instalacja tryskaczowa, instalacja zraszaczowa czy instalacja mgły wodnej nisko- i wysokociśnieniowej,
- **SUG-P**, czyli stałe urządzenie gaśnicze pianowe – wszelkiego rodzaju instalacje gaśnicze używające piany gaśniczej,
- **SUG-G**, czyli stałe urządzenie gaśnicze gazowe, używające określonych dopuszczonych gazów do tłumienia pożarów,
- **SUG-...**, czyli inne stałe urządzenie gaśnicze od wymienionych powyżej, wykorzystujące dopuszczone do stosowania w instalacjach gaśniczych środki gaśnicze służący tłumieniu pożarów.

Zatem SUG, czyli stałe urządzenie gaśnicze, są instalacją.

Wymóg stosowania stałego urządzenia gaśniczego wynika z rozporządzenia w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów [1]. W rozdziale 6

„Stosowanie stałych urządzeń gaśniczych, systemów sygnalizacji pożarowej, dźwiękowych systemów ostrzegawczych i gaśnic” znajdziemy następujący zapis:

§ 27:

1. Stosowanie stałych urządzeń gaśniczych związanych na stałe z obiektem, zawierających zapas środka gaśniczego i uruchamianych samoczynnie we wczesnej fazie rozwoju pożaru, jest wymagane w:
 - 1) archiwach wyznaczonych przez Naczelnego Dyrektora Archiwów Państwowych;
 - 2) muzeach oraz zabytkach budowlanych, wyznaczonych przez Generalnego Konserwatora Zabytków w uzgodnieniu z Komendantem Głównym Państwowej Straży Pożarnej;
 - 3) ośrodkach elektronicznego przetwarzania danych o znaczeniu krajowym.
2. Stosowanie stałych samoczynnych urządzeń gaśniczych wodnych jest wymagane w:
 - 1) budynkach handlowych lub wystawowych:
 - a) jednokondygnacyjnych, w strefie pożarowej zakwalifikowanej do kategorii zagrożenia ludzi ZL I o powierzchni powyżej 8000 m²,
 - b) wielokondygnacyjnych, w strefie pożarowej zakwalifikowanej do kategorii zagrożenia ludzi ZL I o powierzchni powyżej 5000 m²;
 - 2) w budynkach o liczbie miejsc służących celom gastronomicznym powyżej 600;
 - 3) budynkach użyteczności publicznej wysokościowych;
 - 4) budynkach zamieszkania zbiorowego wysokościowych.
3. W strefach pożarowych i pomieszczeniach wyposażonych w stałe urządzenia gaśnicze gazowe lub z innym środkiem gaśniczym mogącym mieć wpływ na zdrowie ludzi zapewnia się warunki bezpieczeństwa dla osób przebywających w tych pomieszczeniach, zgodnie z Polskimi Normami dotyczącymi tych urządzeń.

Należałoby tu zwrócić uwagę, że w pkt 1 mowa jest o stałych urządzeniach gaśniczych bez różnicowania na medium gaśnicze, czyli dozwolone jest zastosowanie każdego rodzaju SUG. Natomiast w pkt 2 mowa już o stałych urządzeniach gaśniczych **wodnych** (czyli w przypadkach wymienionych w tym punkcie należy zastosować **SUG-W**).

Inne możliwości, ale nie obowiązek, zastosowania stałych urządzeń gaśniczych **wodnych** zostały podane w rozporządzeniu w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [2], w Dziale VI zatytułowanym „Bezpieczeństwo pożarowe”. Kwestie te omówiłam dokładnie podczas wykładu online zorganizowanego przez „Rynek Instalacyjny” w ramach „Akademii ochrony ppoż. – Projektowanie instalacji tryskaczowych” [18].

W przypadku obiektów innych niż wymienione powyżej stosowanie wszelkiego rodzaju stałych urządzeń

OBEJRZYJ NAGRANIE



gaśniczych wodnych jest dobrowolne. Każdy budynek może być chroniony przez SUG-W, jeśli inwestor lub właściciel budynku wyrazi taką chęć, a ochroną można objąć zarówno cały budynek, jak i tylko jego wskazaną czy wyznaczoną część.

Przy wyborze rodzaju instalacji należy się przede wszystkim kierować celem, jaki chcemy osiągnąć. Możemy zastosować instalację tryskaczową, instalację mgły wodnej nisko- lub wysokociśnieniową czy instalację zraszaczową. Każda z nich jest stałym urządzeniem gaśniczym wodnym, ale ma inną specyfiką działania.

Instalacje zraszaczowe

Stosujemy je raczej do ochrony danego pomieszczenia czy powierzchni niż całego budynku. Instalacja nie jest wypełniona wodą, a zraszacze stanowią dysze otwarte. Projektuje się je wg takich norm i wytycznych, jak: prPN-M 51541 [3], VdS 2109pl [4], NFPA-15 [5] i FM DS.4-1N [6]. Zawór kontrolny stosowany na instalacji zraszaczowej, czyli tzw. zawór wzbudzający, jest elementem umożliwiającym przepływ wody, a jego otwarcie następuje poprzez podanie sygnału z systemu sygnalizacji pożaru lub uruchomienie ręczne.



Fot. 1. Przykładowe zraszacze

Źródło: Foamax, ARMCO

Zraszacze bardzo często wyglądem przypominają tryskacze, ale nie mają wmontowanej ampułki lub elementu topikowego. Mają też często taki sam współczynnik wypływu jak tryskacze (lub mniejszy). Mogą być również wykonywane jako dysze kierunkowe, czyli skierowane wypływem na chroniony obiekt, i stosowane do ochrony konkretnych urządzeń, zbiorników i fasad. Nie przypominają wówczas wyglądem tryskacza.

Zraszacze projektujemy jako ochronę dedykowaną, czyli przeznaczoną do zabezpieczenia konkretnego miejsca lub powierzchni. Mogą też chronić poszczególne urządzenia albo zbiorniki. W ramach instalacji woda będzie wypływać ze wszystkich zraszaczy podpiętych do danego zaworu wzbudzającego. Taki układ, czyli zawór wzbudzający i dołączone do niego zraszacze, nazywamy sekcją.



Fot. 2. Przykłady dysz kierunkowych

Źródło: ARMCO, Viking

Warto w tym miejscu pokusić się o małą dygresję, będącą efektem pytań pojawiających się podczas mojej pracy zawodowej. Tak naprawdę zawór wzbudzający jest zaworem kontrolnym, ponieważ to on kontroluje wypływ wody ze zraszaczy. Może być również nazywany zaworem sekcyjnym, gdyż cały układ instalacji od zaworu do najdalszego zraszacza stanowi jedną sekcję. Każda z tych nazw jest tak naprawdę równoważna i adekwatna do zastosowania w danej sytuacji, jak również zrozumiała dla większości inżynierów, mogą być zatem stosowane zamiennie. Jeśli jednak zamiennie nazewnictwo spotkałoby się z niezrozumieniem, zawsze można w projekcie dodać stosowne wyjaśnienie lub podkreślić, że w ramach danego opracowania obydwie nazwy są równoważne i mogą być stosowane naprzemiennie. Dotyczy to także każdej innej instalacji typu SUG.

Projektując zraszacz, należy sprawdzić, na ile sekcji trzeba podzielić instalację, aby ochrona była sensowna i optymalna. Należy też się zastanowić, jakie jest prawdopodobieństwo zadziałania kilku sekcji naraz czy też w przypadku rozpoznania pożaru przez system sygnalizacji pożarowej, ile sekcji i które powinny być uruchomione po zadziałaniu czujki w danym miejscu. Trzeba sprawdzić, jakie zasilenie w wodę byłoby możliwe do zastosowania przy danym podziale na sekcje, ale z drugiej strony nie przesadzić z tym podziałem, chcąc zminimalizować koszty utworzenia źródła wody. Źródłem może być zarówno wodociąg lokalny, jak i zbiornik zapasu wody. Wybór zależy od możliwości wodociągu oraz możliwości lokalizacji zbiornika zapasu wody. Jeśli mamy do czynienia z obiektem istniejącym, w którym nie ma miejsca na zbiornik zapasu wody, trzeba bazować na możliwościach lokalnych sieci wodociągowych – jest to wówczas nasz punkt wyjścia do dalszych działań. Należy rozważyć, czy uzasadnione nie będzie zastosowanie bardziej czułego systemu wykrywania pożaru, aby zmniejszyć liczbę jednocześnie uruchamianych sekcji, co automatycznie spowoduje zmniejszenie zapotrzebowania na wodę i wielkość zbiornika. Minimalną intensywność zraszania i czas działania instalacji określają odpowiednie normy, a same zraszacz różnią się między sobą głównie współczynnikiem wypływu.

Natomiast niewiele osób zajmujących się SUG-W wie, że z zaworami wzbudzającymi, przeznaczonymi zasadniczo do instalacji zraszaczowej, można stosować również tryskacze. Można o tym przeczytać w wytycznych NFPA-15 [5], podczas gdy najczęściej to NFPA-13 [7] traktujemy jako wytyczne do projektowania instalacji tryskaczowej. Zatem w uzasadnionych przypadkach jak najbardziej dozwolone jest zastosowanie zaworu wzbudzającego z tryskaczami. Instalacja może być w takim wypadku nawodniona lub sucha. Jeśli projektujemy instalację suchą, może być ona wypełniona powietrzem (lub innym gazem) pod ciśnieniem albo bez ciśnienia. Jest to rozwiązanie, które sprawdza się, jeśli w danym pomieszczeniu mogą występować temperatury ujemne, w razie pożaru nie ma konieczności całkowitego zalewania pomieszczenia wodą, jak to się dzieje w przypadku zastosowania zraszaczy. Chcemy jednak, aby w momencie wystąpienia pożaru woda zaczęła napływać bez zwłoki, a nie ma miejsca na sprężarkę konieczną do zastosowania w standardowej instalacji

tryskaczowej suchej. Należy pamiętać, że otwarcie zaworu wzbudzającego jest inicjowane przez system sygnalizacji pożaru, zatem musi być on w danym pomieszczeniu zainstalowany. Może to być system przeznaczony tylko dla tej instalacji lub należy skorzystać z systemu budynkowego.

Instalacje tryskaczowe

Kolejną instalacją służącą do ochrony jako SUG-W jest, chyba najlepiej wszystkim znana, **instalacja tryskaczowa**.

Praktyczne zalecenia dla projektów tych instalacji zostały ujęte w wytycznych i dotyczą zakresu sekcji, intensywności zraszania oraz pola obliczeniowego. Są to takie dokumenty, jak: PN-EN 12845 [8], VdS CEA 4001pl [9], NFPA-13 [7], FM DS.2-0 [10], FM DS.3-26 [11] czy FM DS.8-09 [12]. Tryskacze stosuje się głównie do ochrony ca-



Fot. 3. Przykłady główek tryskaczowych

Źródło: Rapidrop



Fot. 4. Przykłady główek mgłowych (niskociśnieniowych)

Źródło: VID FireKill

łych obiektów lub ich części, np. wydzielonego magazynu, korytarza czy pomieszczenia.

Należy tu zaznaczyć, że w odniesieniu do instalacji tryskaczowej (jak i innych instalacji SUG) nie istnieje pojęcie „strefa pożarowa” definiowana zgodnie z krajowymi przepisami budowlanymi. Żadne normy i wytyczne nie warunkują jakichkolwiek działań w zależności od „strefy pożarowej”, której definicja znajduje się z kolei w rozporządzeniu w sprawie warunków technicznych (WT) [2]. W normach możemy się spotkać jedynie z pojęciem „oddzielenie pożarowe”, którego absolutnie nie należy mylić lub traktować równoważnie ze wspomnianą „strefą pożarową”. Sekcja tryskaczowa może obejmować kilka stref lub fragment strefy pożarowej zdefiniowanej według polskich przepisów. Zakres sekcji tryskaczowej określa się, biorąc pod uwagę raczej układ ścian lub układ funkcjonalny w budynku niż zasięg stref pożarowych, aczkolwiek nie musi to być wyznacznik decydujący. Na przykład w centrach handlowych granica sekcji może wystąpić w pasażu niepodzielonym ścianami czy drzwiami. A w halach magazynowych podział na sekcje wynika z maksymalnej powierzchni lub maksymalnej liczby tryskaczy przypadającej na sekcje i fizycznie nie oddziela się ich żadnymi ścianami. Z pojęciem „strefa pożarowa” można się spotkać w normach tryskaczowych, ale jest ona wówczas traktowana jako oddzielenie pożarowe – w takim przypadku należy stosować definicję „strefy pożarowej” z normy tryskaczowej, a nie rozporządzenia WT, gdyż są to dwa zupełnie inne określenia, służące do innych celów.

Jeśli chronimy cały budynek, to dzielimy go w całości na sekcje i określamy minimalne intensywności zraszania dla każdej klasy zagrożenia pożarowego, maksymalne pole obliczeniowe oraz minimalny czas działania tryskaczy. Wszystkie te dane zostały podane w normach, zatem wystarczy skorzystać z poszczególnych tabel i wykresów. Nie zawarto w nich wielu możliwości odnośnie do zmniejszenia zbiornika czy zapotrzebowania na wodę, można jednak porównać, które z tych założeń lepiej się sprawdzi w analizowanym przypadku. Możemy też porównać możliwości różnych tryskaczy, np. standardowych rozpylających, CMSA lub ESFR, szczególnie w przypadku magazynów, i to zarówno w zakresie ochrony podstropowej, jak i ochrony regałów. Przykładowo jeśli mamy do czynienia z wydzielonym miejscem na zbiornik i znamy maksymalną możliwą czynną objętość wody, jaką będziemy dysponować, a jest ona mniejsza, niż wymaga norma, możemy sprawdzić, jaką maksymalną powierzchnię magazynu możemy ochronić taką ilością wody, i podzielić obiekt na mniejsze pomieszczenia. W szczególnych przypadkach będzie to również dobre rozwiązanie.

Inaczej podchodzimy do sytuacji, w której chronimy jedynie część budynku – tylko jedną halę czy sam korytarz (np. w celu wydłużenia drogi ewakuacyjnej). W takich przypadkach zaleca się, aby część budynku chroniona tryskaczami była odgródzona od pozostałych części wydzieleniem logicznym. Należy pamiętać, że tryskacz otwiera się pod wpływem wzrostu temperatury. Przy braku wydzielienia nie jesteśmy w stanie przewidzieć, czy pożar nie przeniesie się dalej bez uruchomienia instalacji tryskaczowej nad wydzielonym polem, a przecież nie po to montuje się tryskacze, żeby nie zadziałały. Należy więc zapewnić skuteczne działanie tej instalacji. Wydzieleniem logicznym może być wydzielenie niepalne, nierozprzestrzeniające ognia, ognioodporne lub o odporności ogniowej co najmniej równej minimalnemu czasowi działania instalacji tryskaczowej. Czyli wydzielenie, które w skuteczny sposób oddzieli obszar chroniony od niechronionego i ograniczy możliwość rozprzestrzeniania się pożaru. Każda z norm tryskaczowych określa wymagania dotyczące oddzielenia pomieszczeń chronionych instalacją tryskaczową od pomieszczeń niechronionych, dotyczą one jednak sytuacji, w których za pomocą instalacji tryskaczowej chronimy cały obiekt. Możemy się do nich zastosować, także projektując ochronę jedynie części budynku. Przykładowo w przypadku wytycznych VdS CEA 4001 [9] możemy skorzystać z zapisów zawartych w załączniku SL „Samoczynne pomocnicze instalacje gaśnicze”, mimo że mamy do czynienia z ograniczeniami dotyczącymi powierzchni.

Instalacje mgły wodnej

Instalacje mgły wodnej możemy podzielić na wysoko- i niskociśnieniowe. W tym przypadku możemy korzystać z następujących norm i wytycznych: PN-EN 14972 *Stałe urządzenia gaśnicze. Zestawy instalacji mgły wodnej* [13] (obejmuje systemy nisko- i wysokociśnieniowe); VdS 3188pl (systemy wysokociśnieniowe) [14], NFPA 750 (systemy nisko- i wysokociśnieniowe) [15], FM DS.4-2 (systemy

nisko- i wysokociśnieniowe) [16]. Instalacja mgły wodnej może być projektowana zarówno z dyszami otwartymi, jak i zamkniętymi. Można porównać system z dyszami zamkniętymi do instalacji tryskaczowej, a system z dyszami otwartymi – do instalacji zraszaczowej.

Zasady projektowania źródeł wody, pompowni, stanowisk zaworów kontrolnych i ich lokalizacji, rurociągów, a także mocowań dla instalacji mgły wodnej są bardzo podobne lub wręcz takie same jak w przypadku pozostałych opisywanych w artykule instalacji SUG-W, zwłaszcza instalacji tryskaczowych. Jeśli zajrzymy do wytycznych dotyczących instalacji mgły wodnej, w każdej z nich znajdziemy odniesienia lub przekierowanie do norm tryskaczowych. Taka sama sytuacja występuje w przypadku instalacji zraszaczowej, dla której także źródła wody, pompownie, stanowiska oraz rurociągi projektujemy dokładnie tak samo jak dla instalacji tryskaczowej, korzystając z dokładnie tych samych wzorów podczas wykonywania obliczeń hydraulicznych.

Zasadniczą różnicą jest w tym wypadku początkowy etap projektowania. W przypadku instalacji tryskaczowej i zraszaczowej wszystkie podstawowe warunki projektowe przyjmujemy z norm – intensywność zraszania, pole obliczeniowe dla tryskaczy, czas działania itd. Określamy współczynnik K tryskacza lub zraszacza, który zastosujemy, a następnie rozrysowujemy rurociągi, bazując na danych normowych. Wybierając konkretny tryskacz lub zraszacz, mamy możliwość skorzystania z ofert kilka firm mających urządzenia tego samego typu – najważniejszy jest tu współczynnik K i sposób montażu.

Natomiast w przypadku projektowania instalacji mgły wodnej musimy od samego początku wiedzieć, jaką konkretnie dyszę mgłową zastosujemy. Dane dotyczące warunków projektowych znajdziemy w karcie katalogowej danej dyszy, a nie w normach. Należy dobrać dyszę mgłową przebadaną i przetestowaną przez producenta pod kątem zadziałania przy danym zagrożeniu pożarowym. Z karty katalogowej dowiemy się o warunkach rozstawu główek, minimalnym czasie działania, minimalnym ciśnieniu na dyszy, minimalnym polu obliczeniowym czy minimalnej liczbie dysz obliczeniowych. Dopiero po określeniu tych parametrów przystępujemy do kolejnych etapów – taką ścieżkę projektowania wskazują normy. Zamiana dysz na etapie późniejszym nie jest już tak prosta jak w przypadku tryskaczy i zraszaczy, gdyż wiąże się z koniecznością zmiany rozstawu dysz i warunków projektowych, a to automatycznie wpływa na rozstaw rurociągów i warunki zasilania.

Rozwiązania mgły wodnej coraz śmielej wchodzi na polski rynek, stając się alternatywą dla instalacji tryskaczowych i zraszaczowych. Przykładowo do ochrony hałd odpadów stałych składowanych w halach otwartych najlepszym rozwiązaniem byłoby zastosowanie instalacji zraszaczowej, warto też jednak sprawdzić możliwości wykorzystania instalacji mgły wodnej. Pożar rozpoczyna się przeważnie wewnątrz takiej hałdy, nie wiadomo gdzie dokładnie znajduje się jego źródło, trzeba więc hałdę zmoczyć całościowo w ramach wydzielonego pola. Instalacja zraszaczowa podoła temu zadaniu najlepiej, krople rozmiękczą wierzchnią warstwę i woda będzie w stanie dotrzeć do

warstw spodnich, przygaszając pożar. Natomiast mgła wodna ma korzystniejsze właściwości w zakresie schładzania temperatury otoczenia. Na wierzchniej warstwie i w otoczeniu stworzy mokry filtr oraz atmosferę, która ograniczy dostęp tlenu do warstw spodnich, czym również przyczyni się do przygaszenia pożaru, a dodatkowo do zasilania tej instalacji zużyjemy mniej wody. Musimy jednak znaleźć producenta, który oferuje dysze mgłowe przetestowane pod kątem zadziałania w razie takiego pożaru (dyszami do gaszenia biomasy dysponuje np. VID FireKill). Dodatkowo instalacja mgły wodnej wciąż jest droższa niż instalacja zraszaczowa, trzeba zatem wyważyć koszty i spodziewany efekt końcowy.

Z kolei w garażach można zastosować zarówno instalację tryskaczową, jak i instalację mgły wodnej. Jeśli cały budynek chroniony jest instalacją tryskaczową, ochrona ta automatycznie obejmie również garaż. To samo dotyczy instalacji mgły wodnej. Nie ma sensu stosowanie dwóch rodzajów instalacji SUW-W w dwóch częściach tego samego budynku. Natomiast jeśli chcemy zastosować ochronę SUW-W tylko w garażu, warto przeanalizować zarówno instalację tryskaczową, jak i instalację mgły wodnej. Instalacja tryskaczowa jest przeważnie tańsza, głównie ze względu na koszt samych tryskaczy, potrzebuje jednak zwykle rurociągów o większej średnicy, większego zapasu wody i pompy obsługującej większy przepływ niż instalacja mgły wodnej. W takim przypadku koszty wykonania obu instalacji mogą się już równoważyć.

Jeśli w instalację ppoż. chcemy wyposażyć istniejący garaż, to warto rozważyć zastosowanie mgły wodnej, gdyż dysze mgłowe są mniej wrażliwe na przeszkody niż tryskacze. Łatwiej będzie je rozstawić, jeśli wszystkie pozostałe instalacje zostały już zamontowane. Mgła wodna umożliwia zastosowanie mniejszych średnic przewodów, łatwiej będzie też można znaleźć miejsce na zbiornik zapasowej wody i pompownię, gdyż ich gabaryty mogą być mniejsze niż w przypadku instalacji tryskaczowej. Warto jednak wybór rozwiązania poprzedzić dokładną analizą.

Jeśli nie jest konieczna ochrona całej powierzchni garażu, możemy zastosować alternatywne rozwiązanie wodnych SUG połączone z instalacją hydrantów wewnętrznych. System i-Sprink firmy Gras pozwala dodatkowo chronić wybrane miejsca parkingowe, nie tylko te do ładowania samochodów elektrycznych, choć takie było wstępne założenie jego pomysłodawców. i-Sprink wykorzystuje efekt synergii, jaki dało połączenie termowizyjnego systemu bardzo wczesnego wykrywania pożaru i jego precyzyjnej lokalizacji z instalacją zraszaczową współpracującą z instalacją hydrantów wewnętrznych, która zapewnia dyspozycyjny dostęp do zapasu wody. Wcześniej i precyzyjnie zapobiega rozwojowi pożaru, ale też w momencie użycia hydrantu automatycznie wyłącza zraszacze, co usprawnia akcję ratowniczą. Dysze zraszaczowe umieszczone są w linii środkowej dokładnie nad samochodem. Z przeprowadzonych przez CNBOP testów wynika, że przy odpowiednio wczesnym wykryciu pożaru dwie dysze zraszaczowe są w stanie skutecznie go stłumić, na tyle że nie rozprzestrzeni się on na sąsiednie samochody. To rozwiązanie optymalne w sytuacji, gdy montaż instalacji

tryskaczowej lub mgłowej napotyka istotne przeszkody, jak np. brak miejsca na zestaw pompowy lub zawory kontrolne, czy potrzeba dodatkowej ochrony miejsc postojowych, a garaż nie wymaga instalacji wodnych SUG.

Pozwolę sobie na jeszcze jedną dygresję: podczas seminarium szkoleniowego „Zakopane – Wiosna 2010” zorganizowanego przez Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Pożarnictwa Oddział Śląski bardzo ciekawy wykład wygłosiła Roisin Cullinan z Wielkiej Brytanii na temat rozprzestrzeniania się pożaru w zależności od rodzaju samochodu w garażach z instalacją tryskaczową i bez niej. W analizowanym obiekcie bez instalacji tryskaczowej pożar rozprzestrzenił się na kolejne samochody po ok. 20 min w przypadku pojazdów małych i po ok. 9 min w przypadku samochodów średnich i dużych. W samochodzie zasilanym LPG nie eksplodował zbiornik paliwa i nie miał on żadnego znaczącego wpływu na moc czy szybkość rozprzestrzenienia się pożaru. Natomiast w przypadku wielopoziomowego systemu parkowania pożar może bardzo szybko rozprzestrzenić się od samochodu zaparkowanego na dole na auta znajdujące się wyżej, co stanowi istotny problem dla ekip gaśniczych. Podczas wykonywania testu z instalacją tryskaczową pierwszy tryskacz uruchomił się po 4 min, zadziałały wszystkie tryskacze znajdujące się wokół źródła pożaru, nie rozprzestrzenił się on na sąsiednie samochody, a wodę wyłączono po godzinie (zgodnie z wytycznymi BS EN 12845 [17] i w odniesieniu do zagrożenia OH₂). Pożar przygaszał nawet wtedy, gdy tryskacze już nie działały, a jego największą moc odnotowano w 54. minucie. Z badań tych wysnuto wniosek, że w garażach niewyposażonych w instalację tryskaczową (lub jakąkolwiek inną instalację gaśniczą) nie da się szybko opanować pożaru i ograniczyć strat tylko do jednego samochodu.

Dużym wyzwaniem w projektowaniu wodnych instalacji gaśniczych są obiekty zabytkowe. W ich przypadku należy przede wszystkim sprawdzić możliwości rozlokowania instalacji ze względu na ograniczenia dotyczące dostępnej powierzchni, brak możliwości wprowadzenia zmian w obiekcie, jego przebudowy czy dobudowy pomieszczeń technicznych. Dużą rolę odgrywają tu walory wizualne, instalacja powinna więc zostać ukryta lub wkomponowana w obiekt, np. poprzez dopasowanie trasy, średnic czy kolor przewodów oraz znalezienie niewyeksponowanego miejsca na zbiornik wody i zawory kontrolne. Te ostatnie możemy „schować” w ziemi, ale np. na terenach górskich takie rozwiązanie może już nie być możliwe i konieczne jest dopasowanie instalacji do istniejących warunków, zwłaszcza w obiektach z funkcjami muzealnymi. W takich przypadkach duży potencjał ma np. instalacja mgłowa, wykorzystywana szczególnie chętnie do ochrony obiektów drewnianych. Zauważalna jest pozytywna zmiana w podejściu konserwatorów zabytków do tej instalacji. Może być ona zasilana bezpośrednio z sieli lokalnej, bez konieczności montażu zbiornika na wodę, choć oczywiście zależy to od przepustowości sieci oraz średnicy przewodów. Trzeba też logicznie podzielić obiekt na sekcje i dobrać odpowiednio czuły system wykrywania pożaru. W przypadku instalacji

mgły wodnej stosujemy tylko dysze przebadane pod kątem powstania danego typu pożaru, z gwarancją producenta.

Możemy mieć również do czynienia z częściową ochroną budynku, np. samej elewacji ze względu na niewielką odległość od sąsiedniego obiektu. Można ją zrealizować za pomocą: instalacji zraszaczowej w postaci kurtyny wodnej, instalacji mgłowej z dyszami otwartymi lub zamkniętymi, instalacji tryskaczowej z tryskaczami kierunkowymi przeznaczonymi do ochrony elewacji (NFPA-13 opisuje jej warunki). Spotkałam się również z wymaganiem inwestora dotyczącym zastosowania SUW-W jako dodatkowej ochrony w jednej strefie pożarowej wewnątrz istniejącego budynku, od strony obiektu z nim sąsiadującego, gdzie niemożliwe było zachowanie odpowiedniej odporności ogniowej ścian zewnętrznych. W takim przypadku można zastosować zarówno instalację tryskaczową, jak i instalację mgły wodnej z dyszami zamkniętymi – warunkiem decydującym będzie wydajność źródła wody oraz możliwość lokalizacji pompowni i zaworu kontrolnego.

Podsumowanie

Projektanci mają do dyspozycji różne rodzaje instalacji gaśniczych wodnych, a niektóre z nich mogą być stosowane zamiennie. Należy przede wszystkim sprawdzić, jaki rodzaj instalacji SUW-W można w danym obiekcie i lokalizacji zastosować, a jeśli mamy do dyspozycji kilka możliwości, przeanalizować, które rozwiązanie sprawdziłoby się w tym wypadku najlepiej. Kluczowy dla tej analizy jest sposób zasilania instalacji w wodę, a także ewentualne dodatkowe wymagania związane z charakterystyką obiektu, np. zabytkowego.

Życzę wszystkim Czytelnikom ciekawych projektów i instalacji oraz wyboru zawsze najlepszych rozwiązań.

Literatura

1. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (DzU 2010, nr 109, poz. 719, t.j.: DzU 2023, poz. 822)
2. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (DzU 2002, nr 75, poz. 690, t.j.: DzU 2022, poz. 1225, z późn. zm.)
3. prPN-M-51541 *Ochrona przeciwpożarowa. Urządzenia zraszaczowe*
4. VdS 2109pl: 2024-01 (07) *Wytyczne VdS dotyczące instalacji zraszaczowych, projektowania i instalacji*
5. NFPA 15 *Standard for Water Spray Fixed Systems for Fire Protection*
6. FM DS 4-1N *Fixed water spray systems for fire protection*, Standard for the design and installation of deluge systems, FM Property Loss Prevention Data Sheets
7. NFPA 13 *Standard for the Installation of Sprinkler Systems*
8. PN-EN 12845 *Stale urządzenia gaśnicze. Automatyczne urządzenia tryskaczowe. Projektowanie, instalowanie i konserwacja*
9. VdS CEA 4001pl: 2024-01 (08) *Wytyczne VdS-CEA dotyczące instalacji tryskaczowych. Projektowanie i instalacja*
10. FM DS.2-0 *Installation Guidelines for Automatic Sprinklers*
11. FM DS 3-26 *Fire Protection for Nonstorage Occupancies*
12. FM DS 8-9 *Storage of Class 1, 2, 3, 4 and Plastic Commodities*

13. PN-EN 14972 *Stale urządzenia gaśnicze. Zestawy instalacji mgły wodnej*
14. VdS 3188pl *Wytyczne VdS dotyczące systemów zraszaczy mgłą wodną i systemów gaszenia mgłą wodną (systemy wysokieciśnieniowe). Projektowanie i instalacja*
15. NFPA 750 *Standard on Water Mist Fire Protection Systems*
16. FM DS.4-2 *Water Mist Systems*
17. BS EN 12845 *Fixed firefighting systems. Automatic sprinkler systems. Design, installation and maintenance*
18. Sawczuk Małgorzata, *Projektowanie instalacji tryskaczowych*, wykład online, <https://www.rynekinstalacyjny.pl/arttykul/aktualnosci/92982,akademia-ochrony-ppoz-projektowanie-instalacji-tryskaczowych>

GAZEX SP.J.

Baletowa 16, 02-867 Warszawa
tel. +48 22 644 25 11
gazex@gazex.pl
www.gazex.com

**KERA AWAK SP. Z O.O.**

ul. Dobieżyńska 56, 64-320 Buk, Polska
tel. +48 61 810 88 39
awak@keragroup.com
www.awak.pl

**LINDAB SP. Z O.O.**

Wieruchów, ul. Sochaczewska 144
05-850 Ożarów Mazowiecki
tel. +48 22 250 50 50, fax +48 22 250 50 60
kontakt@lindab.com, www.lindab-polska.pl

**Sensor Tech SA**

ul. Sułowska 19b, 51-180 Wrocław
tel. +48 71 327 62 12, +48 884 888 243
handlowy@sensortech.pl
www.sensortech.pl

**TROX POLSKA SP. Z O.O.**

Kolejowa 13, Stara Iwiczna
05-500 Piaseczno
tel. +48 22 737 18 58
office-pl@troxgroup.com

**Uniwersal Sp. z o.o.**

ul. Zakopiańska 1a
40-219 Katowice
office@uniwersal.com.pl
tel. +48 (32) 203 71 47



Tu może znaleźć się Twój wpis w Katalogu firm