

DR INŻ. DARIUSZ RATAJCZAK,

ekspert w zakresie bezpieczeństwa pożarowego

DR INŻ. DOROTA BRZEZIŃSKA (DOROTA.BRZEZINSKA@P.LODZ.PL),

ekspert w zakresie systemów wentylacji pożarowej, Katedra Inżynierii Bezpieczeństwa Pracy, Wydział Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska, Politechnika Łódzka

Oddymianie hal produkcyjnych i magazynowych

Kwestia zabezpieczenia przeciwpożarowego hal produkcyjnych i magazynowych stanowi obecnie z punktu widzenia wielkości strat pożarowych jeden z najistotniejszych problemów ochrony przeciwpożarowej.

Jak pokazują statystyki (według danych KGPSP), mimo niewielkiego udziału procentowego liczby pożarów w obiektach produkcyjnych i magazynowych w stosunku do wszystkich pożarów, jakie występują w kraju (zgodnie z rys. 1), jest to odpowiednio 1,5% i 0,7%, straty finansowe w tych pożarach stanowią łącznie 25% wszystkich strat pożarowych (rys. 2).

Wielkość strat pożarowych w budynkach produkcyjnych znacznie przewyższa straty występujące w budynkach magazynowych. W ciągu ostatnich sześciu lat w przypadku tych pierwszych wahała się ona od około 150 mln zł do blisko 450 mln zł, natomiast drugich – od 50 mln zł do 150 mln zł rocznie (rys. 3).

Europejskie regulacje mające poprawić bezpieczeństwo

W lipcu 2013 r. w Polsce weszły w życie przepisy Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) Nr 305/2011 [1], mającego rangę ustawy, zawierające wymagania w zakresie bezpieczeństwa pożarowego, aby konstrukcja budynku zachowała w razie pożaru nośność przez dający się określić czas, wystarczający do zapewnienia możliwości opuszczenia budynku przez ludzi (lub – alternatywnie – do bezpiecznego przetrwania pożaru w budynku), z uwzględnieniem bezpieczeństwa ekip ratowniczych. Jego konsekwencją jest ograniczenie dopuszczalnego zakresu stosowania budynków klasy „E” odporności pożarowej, których konstrukcja nie musi zapewniać w razie pożaru nośności w jakimkolwiek

określonym czasie, gdyż, w myśl aktualnie obowiązujących przepisów techniczno-budowlanych [2], nie jest dla niej wymagana żadna klasa odporności ogniowej. Szczególnie istotne znaczenie ma to w przypadku powszechnie stosowanych stalowych hal przemysłowych.

Zgodnie z wnioskami z europejskiego projektu z 2008 r. *Wspieranie rozwoju rynku kształtowników na potrzeby hal przemysłowych i niskich budynków* (SE-CHALO) RFS2-CT-2008-0030 [3] niewentylowane budynki jednokondygnacyjne już po kilku minutach pożaru mogą wypełnić się dymem, a zawarte w nim substancje toksyczne mogą spowodować obezwładnienie lub śmierć osób. Ponadto warstwa gorącego dymu o temperaturze 500°C emituje strumień ciepła około 20 kW/m², co po kilku sekundach powoduje oparzenia skóry. Jeżeli w początkowej fazie pożaru strażacy muszą wejść do budynku w celu ratowania ludzi, nie mogą oni już przebywać wewnątrz budynku po osiągnięciu przez promieniowanie cieplne natężenia przekraczającego 7 kW/m².

Użytkownicy budynków produkcyjnych i magazynowych oraz strażacy powinni być więc zabezpieczeni przed niedopuszczalnym oddziaływaniem ognia i dymu w czasie pożaru, a także przed możliwością odniesienia obrażeń w wyniku uszkodzenia konstrukcji budynku. Aby można było to zapewnić, muszą być spełnione następujące wymagania:

- pożar powstały w budynku powinien zachowywać charakter pożaru lokalnego,

- uszkodzenie części budynku, w której powstał pożar, nie powinno prowadzić do zniszczenia jego całości,
- zniszczenia konstrukcji budynku, w tym elewacji, nie powinny zagrażać otoczeniu budynku.

Zabezpieczenie hali przed pożarem

Dodatkowe wymagania w zakresie ochrony przed pożarem hal przemysłowych i znajdującego się w nich mienia określają ubezpieczyciele, przy czym ostatnio coraz częściej uznają oni, że samo spełnienie polskich przepisów nie gwarantuje wcale tej ochrony w wystarczającym stopniu [4]. Na stanowisko takie wpłynął występujący w ostatnich latach znaczny wzrost liczby pożarów i związanych z nimi strat materialnych w obiektach produkcyjnych i magazynowych. W latach 2010–2015 miały w Polsce miejsce 13 750 pożarów obiektów produkcyjnych i 6614 – magazynowych. Straty pożarowe w analizowanych latach wynosiły w obu grupach obiektów średnio 420 mln zł rocznie, a ¾ z nich dotyczyło obiektów produkcyjnych. Istotne jest, że ponad 83% omawianych pożarów stanowiły pożary małe – o powierzchni nie przekraczającej 70 m² – co odpowiada kryteriom pożarów lokalnych z Eurokodu 1 [6] – średnica pożaru do 10 m i moc pożaru – do 50 MW. Oznacza to zatem, że 83% pożarów w obiektach przemysłowych zostało ugaszonych, zanim osiągnęły większe rozmiary!

Powszechnie uznaje się, że niedopuszczenie do znacznych rozmiarów pożaru

jest gwarantowane w przypadku zastosowania w obiekcie stałych samoczynnych urządzeń gaśniczych wodnych. Jednak o małych rozmiarach wspomnianych 83% pożarów nie zdecydowała wcale obecność stałych samoczynnych urządzeń gaśniczych wodnych i wielu właścicieli obiektów przemysłowych nie chce stosować tych urządzeń – nie wymaganych zresztą przez polskie przepisy – głównie ze względu na koszty, ufając, że ochronę ich obiektów przed zniszczeniem w wyniku pożaru zapewnią w wystarczającym stopniu urządzenia oddymiające. W omawianych obiektach urządzenia oddymiające również nie są obligatoryjne, chociaż ich stosowanie pozwala na znaczne złagodzenie wymagań dotyczących klasy odporności pożarowej obiektów i dopuszczalnej powierzchni stref pożarowych, a także wymagań ewakuacyjnych [2]. Zdaniem specjalistów te złagodzenia są bezzasadnie duże [7, 8].

W związku z tym, że obowiązujące w Polsce przepisy techniczno-budowlane [2] nie są w zakresie bezpieczeństwa pożarowego w pełni zgodne z przepisami Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) Nr 305/2011 [1] Stowarzyszenie Nowoczesne Budynki, grupujące ponad 50 organizacji zawodowych z sektora budownictwa i pokrewnych, opracowało we wrześniu 2012 r. i przekazało do Ministerstwa Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej społeczny projekt nowelizacji warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [9]. Zbiegło się to w czasie z powołaniem rządowej Komisji Kodyfikacyjnej *Prawa budowlanego*, mającej za zadanie opracować całościowy, nowy system przepisów dotyczących budownictwa. Jak się przewiduje, po wejściu w życie nowej ustawy wydane zostaną nowe warunki techniczne dotyczące budynków.

W sytuacji, w której przepisy szczegółowe [2] nie w pełni realizują wymagania nadrzędnego unijnego Rozporządzenia [1] odnoszące się do stalowych hal przemysłowych – co w dodatku nie ulegnie zmianie w najbliższych miesiącach – bardzo aktualny jest problem, czy można w jakimkolwiek zakresie spełnić te wymagania za pomocą urządzeń oddymiających, bez stosowania stałych samoczynnych urządzeń gaśniczych.

Na rys. 4 przedstawiono schemat hali, z której dym wypływa przez klapy dymowe w dachu, a napływ powietrza uzupełniającego następuje przez otwarte bramy.

Zgodnie z normami brytyjskimi dotyczącymi oddymiania, BS 7346-4:2003 [10] i BS 7346-5:2005 [11], powierzchnia czynna klap dymowych, przy której będzie możliwe utrzymanie określonej temperatury podstropowej warstwy dymu, w jednej strefie dymowej o powierzchni maksymalnej 2000 m², wynosi:

$$A_K = \frac{MT}{\left[2\rho^2 g d \theta T_o - \frac{M^2 T T_o}{(A_D)^2}\right]^{0,5}} \quad (1)$$

gdzie:

A_K – powierzchnia czynna klap dymowych [m²],

A_D – powierzchnia czynna otworów dolotowych [m²],

M – strumień masowy dymu [kg/s],

d – głębokość podstropowej warstwy dymu [m],

T_o – temperatura otoczenia, przyjmowana jako 293 K

ρ – gęstość powietrza w temperaturze otoczenia, przyjmowana jako 1,2 kg/m³,

g – przyspieszenie ziemskie, 9,81 m/s²,

θ – przyrost temperatury warstwy dymu w stosunku do temperatury otoczenia [K],

T – temperatura podstropowej warstwy dymu $T = 293 + \theta$ [K].

Po przekształceniach otrzymuje się uproszczoną postać wzoru:

$$A_K = \frac{0,06M(293 + \theta)}{\left[28,3d\theta - \frac{M^2(293 + \theta)}{(A_D)^2}\right]^{0,5}} \quad (2)$$

Strumień masowy dymu M zależy od wielkości (obwodu) pożaru i wysokości słupa dymu:

$$M = C_e \cdot P \cdot Y^{\frac{3}{2}} \quad [\text{kg/s}] \quad (3)$$

gdzie:

C_e – współczynnik zasysania powietrza do słupa dymu w czasie pożaru, wynoszący dla pomieszczeń wielkokubaturowych 0,19 [kg·s⁻¹·m^{-5/2}],

P – obwód pożaru [m],

Y – wysokość słupa dymu [m], od posadzki do podstawy warstwy dymu.

Równanie (3) obowiązuje dla wysokości słupa dymu Y nie większej niż 0,9 wysokości hali H i nie mniejszej niż 0,1 H . Jednocześnie zgodnie z zaleceniami normy brytyjskiej [10] wartość Y powinna przekraczać co najmniej o 0,5 m poziom, na którym znajdują się chronione towary lub urządzenia. Obwód pożaru P określany jest jako obwód koła dla gęstości mocy pożaru q [kW/m²] i aktualnej mocy pożaru [kW]:

$$P = 2\pi \sqrt{\frac{Q}{\pi q}} \quad (4)$$

Minimalne i maksymalne gęstości mocy pożaru q_{min} i q_{max} w obiektach magazynowych, w zależności od wysokości ►

| Rodzaj pożaru | q_{min} | q_{max} |
|--|--|---|
| Pożar z tryskaczami | 250 kW/m ² | 625 kW/m ² |
| Pożar bez tryskaczy, składowanie do 2 m | 250 kW/m ² | 1250 kW/m ² |
| Pożar bez tryskaczy, składowanie od 2 m do 4 m | $250 \times (h - 1)$ kW/m ² | $1250 \times (h - 1)$ kW/m ² |

■ Tab. 1. Gęstość mocy pożaru q dla obiektów magazynowych [10]

| Rozwój pożaru | Współczynnik szybkości wzrostu pożaru α [kW/s ²] |
|-------------------------------------|---|
| Bardzo szybki (<i>ultra fast</i>) | 0,188 |
| Szybki (<i>fast</i>) | 0,047 |
| Średni (<i>medium</i>) | 0,012 |
| Wolny (<i>slow</i>) | 0,0029 |

■ Tab. 2. Klasyfikacja pożarów pod względem szybkości rozwoju [12]

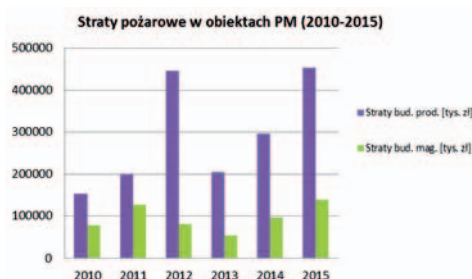
Rys. 1



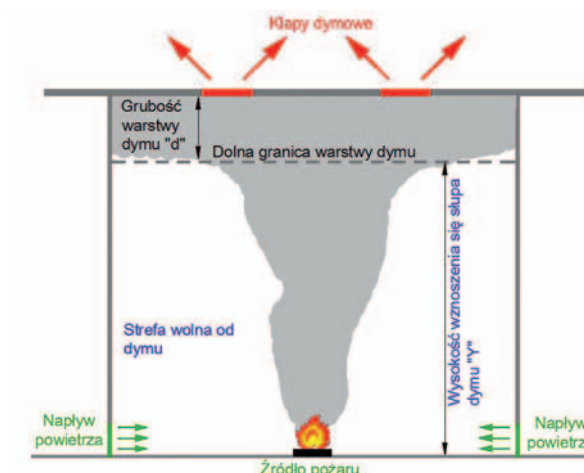
Rys. 2



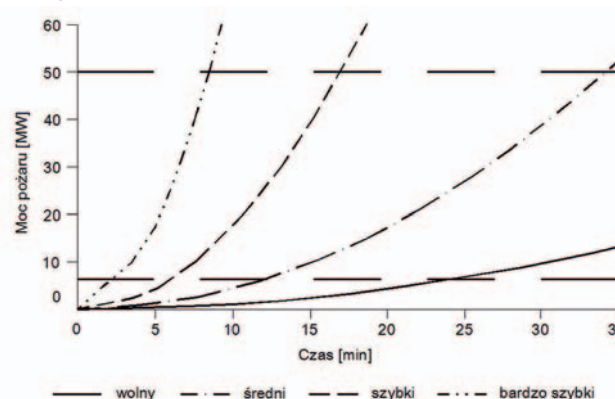
Rys. 1 i 2. Średnie roczne liczby pożarów i strat pożarowych w obiektach PM na tle liczby pozostałych pożarów i strat w Polsce



Rys. 3. Wielkość strat pożarowych w obiektach produkcyjnych i magazynowych



Rys. 4. Oddymianie pomieszczenia wielkokubaturowego budynku jednokondygnacyjnego [19]



Rys. 5. Standardowe krzywe rozwoju pożaru [10]

► składowania h [m] oraz ewentualnego wyposażenia obiektu w instalację tryskaczową, przedstawia tab. 1. W przypadku niestosowania instalacji tryskaczowej równania (1) i (3) obowiązują jedynie dla wysokości składowania $h \leq 4$ m.

Dla obiektów produkcyjnych, zgodnie z zaleceniami brytyjskiego PD 7974-1:2003 [13], gęstość mocy pożaru przyjmuje się w granicach 90-620 kW/m². Przyrost temperatury warstwy dymu w stosunku do temperatury otoczenia wynosi:

$$\theta = \frac{Q_k}{M \cdot c} [K] \quad (5)$$

gdzie:

Q_k – konwekcyjna część mocy pożaru, przyjmowana jako 0,8 mocy pożaru [kW],

M – strumień masowy dymu [kg/s],

c – ciepło właściwe powietrza, przyjmowane jako 1 kJ/kg·K.

Moc pożaru po czasie jego trwania t można wyrazić za pomocą wzoru [11, 12]:

$$Q = \alpha t^2 \quad (6)$$

gdzie:

Q – moc pożaru [kW],

α – współczynnik szybkości wzrostu pożaru [kW/s²],

t – czas trwania pożaru [s].

Wartości współczynnika α dla pożarów o różnej szybkości rozwoju przedstawia tab. 2, a standardowe krzywe rozwoju pożaru – rys. 5.

Norma brytyjska [12] podaje charakterystyczne przykłady pożarów w halach przemysłowych:

- bardzo szybkich – z udziałem cieczy palnych i spienionych tworzyw sztucznych,
- szybkich – z udziałem tworzyw sztucznych i tkanin,
- średnich – palet drewnianych i pudeł z kartonu.

Zainicjowany pożar rozwija się do momentu zadziałania stałych samoczynnych urządzeń gaśniczych lub do podjęcia skutecznych działań gaśniczych, ewentualnie aż do całkowitego spalenia się materiałów palnych. W najczęściej spotykanym przypadku prowadzenia działań gaśniczych przy pomocy prądów wody

strumień wody, niezbędny do przerwania rozwoju pożaru, określany jest z prawa zachowania energii. Jak wykazał w swych publikacjach [14, 15] Paul Grimwood, międzynarodowy konsultant straży pożarnej ze straży pożarnej południowo-wschodniej Anglii (Kent), należy przyjmować, że do przerwania rozwoju pożaru niezbędne jest podawanie 0,385 litra wody na sekundę na każdy megawat (MW) aktualnej mocy pożaru. Jeden samochód ratowniczo-gaśniczy umożliwia podanie, przy pomocy trzech prądów wody, z prądownic 75 z dyszą 18 mm, 20 litrów wody na sekundę, co pozwala na przerwanie rozwoju pożaru o mocy do 52 MW, a więc też pożaru lokalnego (do 50 MW). Użycie hydrantu wewnętrznego 52 o wymaganej w rozporządzeniu MSWiA [16] wydajności 2,5 l/s pozwala z kolei na przerwanie rozwoju pożaru o mocy do 6,5 MW. Należy tu zwrócić uwagę na fakt, że wymagane przez polskie przepisy w obiektach przemysłowych hydranty 52 z węzłem płasko składanym nie nadają się do użycia przez osoby bez

specjalistycznego przeszkolenia strażackiego i są praktycznie niewykorzystywane. Jednak zgodnie z Polską Normą [17] taką samą wydajność 2,5 l/s można by zapewnić (łatwym w użyciu dla osób bez specjalistycznego przeszkolenia) hydrantem 33 z węzłem półsztywnym, pod warunkiem zastosowania w nich ciśnienia 0,6 MPa i dyszy 12 mm.

W związku z powyższym przy pomocy samochodu ratowniczo-gaśniczego można ugasić pożar bardzo szybko, jeżeli rozwija się on nie dłużej niż 8,5 minuty, szybki – 17 minut, i średni – 34 minuty, a za pomocą hydrantu 33 o podanych wyżej parametrach – pożar bardzo szybki, jeżeli rozwija się on nie dłużej niż 3 minuty, szybki – 6 minut, i średni – 12 minut. W rzeczywistości czasy te będą powiększone o czas inkubacji pożaru, mogący trwać od kilkudziesięciu do kilkuset sekund, w którym często pożar może zostać zauważony przez pracowników, jeżeli przebywają oni w hali, lub być zasygnalizowany przez urządzenia wykrywcze.

Czas zgłoszenia pożaru a szybkość reakcji straży

Zgodnie z opracowaniem Roberta Mazura z Krajowego Centrum Koordynacji Ratownictwa i Obrony Cywilnej Komendy Głównej Państwowej Straży Pożarnej, przedstawionym na seminarium „Rozwiązywanie trudnych problemów ochrony przeciwpożarowych – aspekty inżynierskie i formalne” 18 października 2012 r. w Szkole Głównej Służby Pożarniczej, czas rozpoczęcia akcji w odległości 5 km od jednostki ratowniczo-gaśniczej PSP może być przyjmowany jako wynoszący 8 min od przekazania do niej sygnału o pożarze. Jednocześnie potwierdzają to statystyki z ostatnich lat, z których wynika, że czas dojazdu jednostek gaśniczych od momentu otrzymania informacji o pożarze w 94% przypadków mieści się w 15 min.

W przypadku pożarów bardzo szybkich w halach niewyposażonych w stałą instalację gaśniczą możliwość uratowania hali przez jednostkę PSP praktycznie więc nie istnieje. Pożar taki mógłby teoretycznie zostać ugaszony przez pracowników hali, jeżeli byłby oni obecni w pobliżu pożaru w chwili jego powstania, gdyby dysponowali przy tym hydrantem 33 o podanych parametrach

i byli bardzo zdeterminowani. W sumie jest to jednak mało prawdopodobne.

Zgodnie z powyższymi rozważaniami instalacja oddymiająca ma szansę pozytywnego oddziaływania na warunki występujące w czasie pożaru jedynie w przypadku, kiedy jego szybkość rozwoju jest ograniczona. Poniższe analizy dotyczą więc pożarów szybkich i średnich. Na rys. 7 przedstawiono określone za pomocą wzorów (1), (3), (4) i (5) temperatury warstwy dymu w halach produkcyjnych o wysokości 8 i 12 m, dla pożaru lokalnego (o mocy ≤ 50 MW) i skrajnych wartości gęstości mocy pożaru (90 i 620 kW/m²), w zależności od powierzchni czynnej klap dymowych. Powierzchnia czynna otworów dolotowych została przyjęta tak, by suma powierzchni czynnych klap dymowych i otworów dolotowych była minimalna.

Należy zwrócić tu uwagę na 4 charakterystyczne wartości temperatury warstwy dymu pod stropem hali:

- 550°C – uznawaną przez normę brytyjską [10] za krytyczną z punktu widzenia możliwości wystąpienia rozgorzenia – objęcia przez ogień wszystkich materiałów palnych w pomieszczeniu,
- 350°C – przyjmowaną zgodnie z Eurokodem 3 [18] za krytyczną z punktu widzenia nośności elementów stalowych, dla których nie określono, że ich temperatura krytyczna jest wyższa,
- 200°C – powyżej której warunki ewakuacji uważane są za zagrażające życiu,
- 170°C – wartość przyjmowaną w normie brytyjskiej [10] w przypadku stosowania urządzeń tryskaczowych.

Jak widać, w halach produkcyjnych o znacznej wysokości (12 m) można za pomocą klap dymowych uzyskać pod stropem w czasie pożaru lokalnego temperatury zbliżone do występujących w momencie zadziałania urządzeń tryskaczowych ($T = 170^\circ\text{C}$), z tym że dla dużych gęstości mocy pożaru (a więc i dużych gęstości obciążenia ogniowego) powierzchnie czynne klap dymowych będą musiały być już bardzo duże. W przypadku hal o wysokości 8 m będzie to możliwe jedynie dla niewielkich gęstości obciążenia ogniowego. Dla obu

rodzajów hal produkcyjnych, praktycznie niezależnie od gęstości obciążenia ogniowego, przy zastosowaniu klap dymowych o odpowiednio dużej powierzchni czynnej, nie powinno nastąpić w czasie pożaru lokalnego zniszczenie konstrukcji hali ($T \leq 350^\circ\text{C}$).

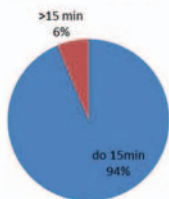
Na rys. 8 przedstawiono określone analogicznie temperatury podstropowej warstwy dymu w halach magazynowych o wysokości 8 i 12 m, dla pożaru lokalnego (o mocy $Q \leq 50$ MW) i skrajnych wartości gęstości mocy pożaru (750 i 3750 kW/m²), w zależności od powierzchni czynnej klap dymowych. Powierzchnia czynna otworów dolotowych została również przyjęta tak, by suma powierzchni czynnych klap dymowych i otworów dolotowych była minimalna [19].

Jak widać, w halach magazynowych o wskazanej w normie brytyjskiej [10] maksymalnej gęstości mocy pożaru (odpowiadającej maksymalnie dużej gęstości obciążenia ogniowego) skutecznie zapobiec rozgorzeniu przy pomocy klap dymowych można jedynie w halach o znacznej wysokości (12 m). Przy minimalnej gęstości mocy pożaru (i związanej z tym małej gęstości obciążenia ogniowego) w halach o wysokości co najmniej 8 m mogą występować pod stropem w czasie pożaru lokalnego temperatury zapewniające ochronę konstrukcji hali przed zniszczeniem (350°C), a w halach o wysokości 12 m – temperatury zapewniające również odpowiednią ochronę przejścia ewakuacyjnego (200°C). Wszystko to dotyczy jednak tylko takich hal, w których wysokość składowania nie przekracza 4 m, co z kolei najczęściej musi poddawać w wątpliwość sensowność całego przedsięwzięcia. Ponieważ wymagane do uzyskania żądanej temperatury podstropowej warstwy dymu powierzchnie czynne klap dymowych i otworów dolotowych są wzajemnie uzależnione, na rys. 9 przedstawiono, dla kilku wybranych przypadków, jakie są możliwości zmniejszenia powierzchni otworów dolotowych, co często w praktyce jest bardzo pożądane.

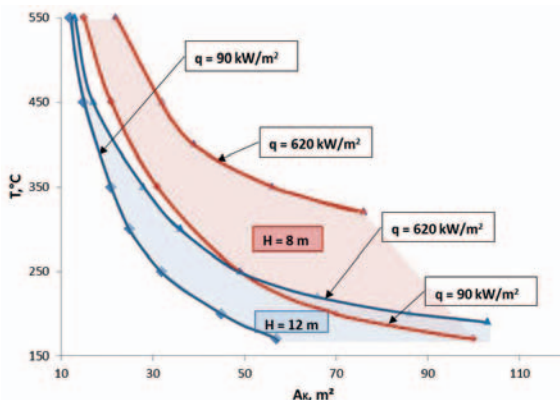
Podsumowanie

Można stwierdzić, że decydujące znaczenie w niedopuszczeniu do zniszczenia stalowej hali przemysłowej w wyniku pożaru ma opanowanie go w czasie, ►

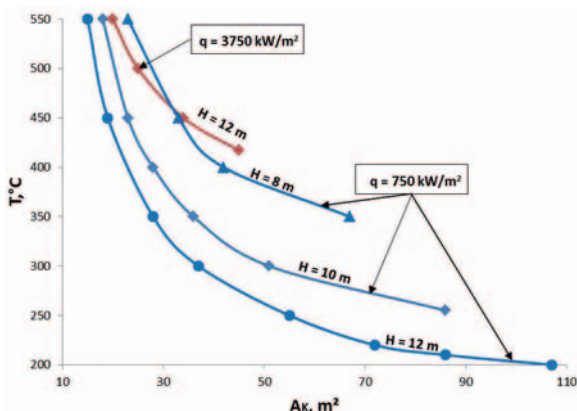
PRZYBYCIE PIERWSZEGO PODMIOTU RATOWNICZEGO
dane za lata 2011-2015



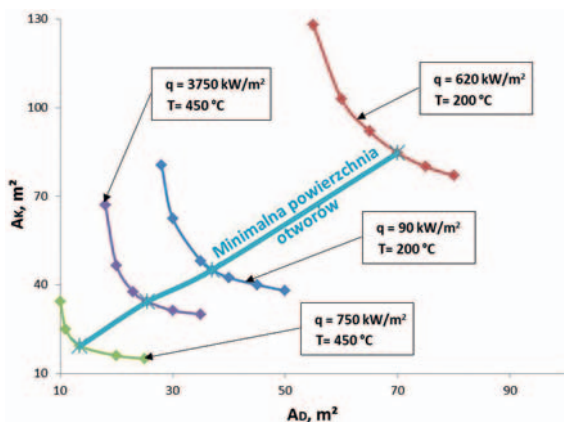
Rys. 6. Czas dojazdu jednostek ratowniczych od momentu informacji o pożarze



Rys. 7. Temperatury podstropowej warstwy dymu w hali produkcyjnej dla pożaru o mocy ≤ 50 MW, w zależności od powierzchni czynnej klap dymowych [19]



Rys. 8. Temperatury podstropowej warstwy dymu w hali magazynowej o dopuszczalnej wysokości składowania 4 m dla pożaru o mocy $Q \leq 50$ MW, w zależności od powierzchni czynnej klap dymowych [19]



Rys. 9. Zależność wymaganych powierzchni czynnych klap dymowych i otworów dylatacyjnych [19]

► w którym nie przekroczył on jeszcze poziomu pożaru lokalnego (moc 50 MW). W odniesieniu do pożarów o bardzo szybkim rozwoju jest to praktycznie niemożliwe bez zastosowania w hali stałych samoczynnych urządzeń gaśniczych.

W przypadku pożarów szybkich i średnich najistotniejsze jest, czy czas osiągnięcia przez pożar mocy 50 MW będzie dłuższy od czasu, w którym z samochodu ratowniczo-gaśniczego zostaną podane 3 prądy wody. Ten drugi czas zależy od odległości hali do najbliższej jednostki ratowniczo-gaśniczej i od szybkości przekazania do niej sygnału o pożarze. Sygnał o pożarze powinien pochodzić z instalacji wykrywczej i jednocześnie powinien powodować otwarcie dopływu powietrza przez otwory dolotowe, a najlepiej również otwarcie klap dymowych. Wyjątek mogłaby stanowić jedynie rzadka sytuacja, gdy w hali całodobowo znajdują się pracownicy, dysponujący przy tym ręcznymi ostrzegaczami pożarowymi. Jeżeli z analizy będzie wynikać, że pożar osiągnąłby moc 50 MW zanim ekipy ratownicze zdążyłyby podać 3 prądy wody, niezbędne będzie zastosowanie w hali stałych samoczynnych urządzeń gaśniczych wodnych [19]. Istnieje możliwość dokonywania oceny, w różnych rodzajach hal przemysłowych, efektów stosowania urządzeń oddymiających, jakie wynikają z temperatury podstropowej warstwy dymu, w czasie gdy pożar będzie miał jeszcze charakter pożaru lokalnego. Jeżeli efekty te byłyby niezadowalające, niezbędne jest wyposażenie hali w stałe samoczynne urządzenia gaśnicze wodne. □

Piśmiennictwo

1. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) Nr 305/2011 z dnia 9 marca 2011 r. ustanawiające zharmonizowane warunki wprowadzania do obrotu wyrobów budowlanych i uchylające dyrektywę Rady 89/106/EEG (Dz.U. L 88 z 4.04.2011 r.).
2. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. z 2015 r., poz. 1422).
3. Raport Projektu Europejskiego: Wspieranie rozwoju rynku kształtowników na potrzeby hal przemysłowych i niskich budynków RFS2-CT-2008-0030.
4. Łastowski M.: Budynki przemysłowe bez ubezpieczenia?, „Ochrona Przeciwożarowa”, 2013, nr 2.
5. Janik P.: Wnioski z pożarów 2010-2012., „Ochrona Przeciwożarowa”, 2013, nr 2.
6. PN-EN 1991-1-2 Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje. Część 1-2: Oddziaływania ogólne. Oddziaływania na konstrukcje w warunkach pożaru.
7. Skaźnik M.: Samoczynne urządzenia oddymiające a brak samoczynnych urządzeń gaśniczych wodnych. „Ochrona Przeciwożarowa”, 2011, nr 2.
8. Skaźnik M.: Projektowanie samoczynnych urządzeń oddymiających: standard NFPA 204 edycja 2012. „Ochrona Przeciwożarowa”, 2012, nr 2.
9. Ratajczak D.: Projekt nowych warunków technicznych dla budynków. „Ochrona Przeciwożarowa”, 2012, nr 3.
10. BS 7346-4:2003: Components for smoke and heat control systems. Functional recommendations and calculation methods for smoke and heat exhaust ventilation systems, employing steady-state design fires. Code of practice.
11. BS 7346-5:2005: Components for smoke and heat control systems. Functional recommendations and calculation methods for smoke and heat exhaust ventilation systems, employing time-dependent design fires. Code of practice.
12. BS 9999:2008: Code of practice for fire safety in the design, management and use of buildings.
13. PD 7974-1:2003: Application of fire safety engineering principles to the design of buildings. Initiation and development of fire within the enclosure of origin (Sub-system 1).
14. Grimwood P.: The Harrow Court Final Report. „Fire Brigades Union Region”, July 2005.
15. Grimwood P.: High profile. www.frmjournal.com., March 2011.
16. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz.U. Nr 109, poz. 719).
17. PN-EN 671-1:2002 Stałe urządzenia gaśnicze. Hydranty wewnętrzne. Część 1: Hydranty wewnętrzne z węzłem półsztywnym.
18. PN-EN 1993-1-2 Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych. Część 1-2: Reguły ogólne – Obliczanie konstrukcji z uwagi na warunki pożarowe.
19. Ratajczak D., Brzezińska D.: Oddymianie stalowych hal przemysłowych według standardów europejskich – cz. 1. „Ochrona Przeciwożarowa”, 2013, nr 3, s. 22-25.
20. Ratajczak D., Brzezińska D.: Oddymianie stalowych hal przemysłowych według standardów europejskich – cz. 2. „Ochrona Przeciwożarowa”, 2013, nr 4, s. 8-11.