

Obecnie pożary większości mieszkań rozwijają się dużo szybciej i są bardziej toksyczne niż kilka lat temu. Potwierdzają to wyniki uzyskane w badaniach nad przebiegiem pożaru w mieszkaniu doszczelnionym oraz rozszczelnionym.

W czasach rosnącego zapotrzebowania na energię inwestycje w poprawę efektywności energetycznej są czymś oczywistym, zwłaszcza w sektorze budownictwa mieszkaniowego. Przez dwie ostatnie dekady trwał w Polsce masowy proces termomodernizacji budynków, obejmujący m.in. wymianę starych drewnianych okien na nowe – szczelniejsze, zwykle wykonane z PCV. W starych budynkach zbytnia szczelność okien była niewskazana, bowiem utrudniała infiltrację powietrza pozwalającą na prawidłowe działanie wentylacji grawitacyjnej.

Dziś nikogo nie dziwią systemy wentylacji hybrydowej czy mechanicznej z odzyskiem ciepła, stosowane nie tylko w budynkach mieszkalnych. Wszystkie zmiany w technologii budowlanej, zwłaszcza te związane z wprowadzeniem nowoczesnych konstrukcji budynków i nowych materiałów wykończeniowych, skłaniają strażaków do ponownego zastanowienia się nad charakterem pożarów oraz nad zagrożeniami, z jakimi mogą się spotkać podczas ich gaszenia [1]. Problematyka nieprawidłowej wentylacji w mieszkaniach jest szczególnie widoczna w kontekście zdarzeń związanych z zacczadzeniem, a także z pożarami wewnętrznymi budynków.

Wagę problemu podkreśla rosnący wskaźnik liczby ofiar takich pożarów, zwłaszcza w tej części Europy, w której leży nasz kraj.

Według danych KG PSP w 2010 r. w 28 274 pożarach obiektów mieszkalnych zginęło 525 osób, a rannych zostało 263 strażaków. W 2012 r. mieliśmy 29 145 pożarów obiektów mieszkalnych, w których zginęło 565 osób, a 245 strażaków zostało rannych [1].

Istotny wpływ na taką sytuację ma zły stan techniczny wielu starych kamienic, szczególnie widać to w województwie śląskim. Znaczna część z nich to pustostany o nieuregulowanej formie własności, zamieszkałe przez bezdomnych. Wiele do życzenia pozostawiają także tzw. bloki z wielkiej płyty. Za zły stan budyn-

DAMIAN SALETA

Podpatrywanie

pożaru



foto. Tomasz Król

ków w tym regionie odpowiadają szkody górnicze. Dotyczy to także stosunkowo nowego budownictwa. Za przykład może posłużyć budynek mieszkalny w zabudowie segmentowej przy ul. Pocztowej 5-15 w dzielnicy Karb w Bytomiu, dzisiaj już nieistniejący. Decyzją powiatowego inspektora nadzoru budowlanego z powodu szkód górniczych został on wyłączony z użytkowania i przeznaczony do wyburzenia. Powstał pomysł, aby wykorzystać tę sytuację do zaaranżowania w nim eksperymentu – zbadania rozwoju pożaru w warunkach rzeczywistych.

W przeddzień rozpoczęcia prac wyburzeniowych w jednym z segmentów budynku przeprowadzone zostały dwa testy pożarowe. Miejsce badań zostało odpowiednio zabezpieczone przez strażaków z Komendy Miejskiej Państwowej Straży Pożarnej w Bytomiu oraz służby medyczne i porządkowe.

Cel badań

Głównym celem badań było sprawdzenie przebiegu pożaru w mieszkaniu doszczelnionym oraz rozszczelnionym. Odbyły się one 20 wrze-

Budynek, w którym przeprowadzono testy pożarowe po zdjęciu elewacji, z widokiem służb zabezpieczających eksperyment

śnia ubiegłego roku. Za ich organizację odpowiadała Komenda Miejska PSP w Bytomiu oraz Samodzielny Zakład Ogrzewnictwa, Wentylacji i Klimatyzacji na Wydziale Inżynierii i Ochrony Środowiska Politechniki Częstochowskiej. Do współudziału w badaniach zaproszonych zostało 17 partnerów, reprezentujących m.in. administrację publiczną, służby ratownictwa – również górniczego, środowiska naukowo-badawcze zajmujące się inżynierią bezpieczeństwa pożarowego i budownictwem, a także firmy specjalizujące się w ochronie przeciwpożarowej i termomodernizacji.

Partnerzy uzgodnili, że eksperyment będzie obejmował:

a) zbadanie przebiegu pożaru w pomieszczeniu doszczelnionym w odniesieniu do pomieszczenia rozszczelnionego, z wnikliwą analizą temperatury, toksyczności środowiska pożaru, widzialności oraz ciśnienia [2],

fol. Damian Saleta



b) określenie wpływu użytego inicjatora pożaru oraz właściwości termofizycznych spalanej paliwa na rozwój pożaru, w tym szybkość wydzielenia ciepła,

c) określenie wpływu temperatury oraz stężenia toksycznych produktów spalania na warunki ewakuacji osób z pomieszczenia i bezpieczeństwo ekip ratowniczych [3],

d) diagnostykę uszkodzeń materiałów, z których zbudowane są elementy konstrukcyjne (stali zbrojeniowej i betonu) w wyniku oddziaływania pożaru,

e) wyznaczenie odporności ogniowej elementów konstrukcji budynku,

f) badanie zgodności testów pożarowych w pełnej skali z wynikami komputerowych symulacji pożarów przeprowadzonych za pomocą metod obliczeniowych numerycznej mechaniki płynów, w tym: FDS/PyroSim, FLUENT, CFAST [4].

Z uwagi na konieczność wyznaczenia szybkości uwalniania ciepła, całkowitego uwalniania ciepła oraz szybkości wytwarzania dymu już na etapie określania głównych celów badawczych zaplanowano drugi etap badań: wykonanie testu pożarowego w skali rzeczywistej – tzw. Corner Room Test, metodą ISO 9705. Podczas tego testu spalaniu poddane miałyby być te same materiały, które stanowiły wyposażenie obu mieszkań w trakcie testów pożarowych w Bytomiu.

Pięciokondygnacyjny budynek mieszkalny, w którym znajdowały się poddane testom mieszkania, był wybudowany w 1976 r. w technologii płyty żelbetowej prefabrykowanej oraz gazobetonu. Pomieszczenia mieszkalne przewidziane do testów stanowiły:

- lokal na IV piętrze o powierzchni 36,56 m²: miejsce pożaru – pokój wypoczynkowy o pow. 15,41 m² i kubaturze 91,4 m³; pierwszy test pożarowy przeprowadzony został w godz. 12.15 – 12.45;

- lokal na II piętrze o powierzchni 37,59 m²: miejsce pożaru – pokój wypoczynkowy o powierzchni 15,41 m² i kubaturze 93,9 m³; drugi test pożarowy wykonywano w godz. 15.15 – 15.45.

Budynek mieszkalny, w którym przeprowadzone zostały testy pożarowe, przed usunięciem płyt elewacyjnych zawierających azbest, lipiec 2012 r.

Rozmieszczenie metalowych sond do pomiaru gazów pożarowych oraz kamer w mieszkaniu doszczelnionym

Założenia do badań

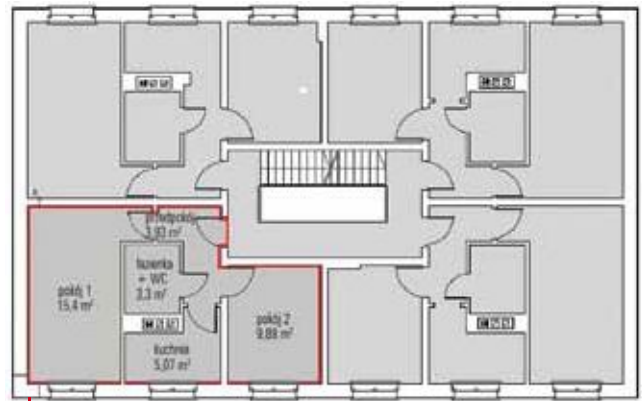
Mając na uwadze doświadczenia innych krajów [5, 6] w takich badaniach, organizatorzy zwrócili uwagę na aspekt bezpieczeństwa bytomskiego eksperymentu. Dlatego przyjęto, że każdy test zostanie przeprowadzony na różnych poziomach, oddzielonych przynajmniej jedną kondygnacją. Założono przeprowadzenie dwóch testów pożarowych, trwających po 30 min, w dwóch lokalach o takim samym układzie przestrzennym:

- pierwszy pożar w mieszkaniu doszczelnionym (pożar kontrolowany przez wentylację), zlokalizowanym na piątej kondygnacji,

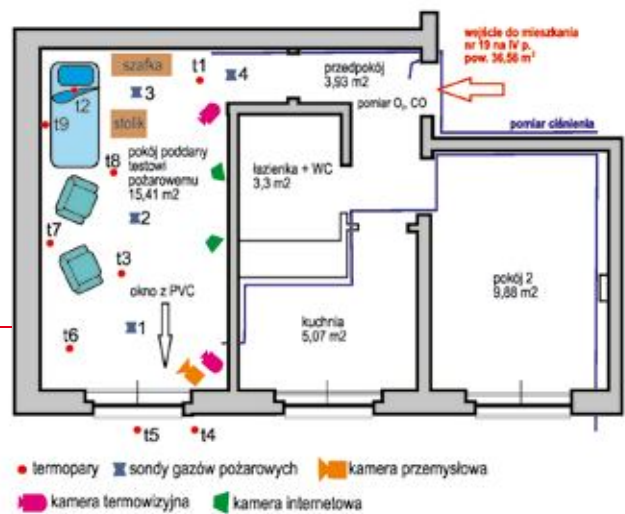
- drugi pożar w mieszkaniu rozszczelnionym (pożar kontrolowany przez paliwo), zlokalizowanym na trzeciej kondygnacji.

Na potrzeby pierwszego testu pożarowego w pokoju objętym pożarem zostało zamontowane nowe okno PCV. Pozostałe okna uszczelniono pianką montażową, a przepusty instalacyjne i inne otwory – ogniochronną pęczniącą masą uszczelniającą oraz taśmami uszczelniającymi.

W drugim mieszkaniu w pokoju objętym pożarem uchylone zostało jedno skrzydło okna – na pierwszy stopień z czterech możliwych pozycji [4].



Rzut poziomy piątej kondygnacji budynku – w czerwonym obrysie lokal, w którym prowadzono eksperyment (mieszkanie doszczelnione)



Stanowisko pomiarowe do bieżącej rejestracji pomiarów zlokalizowane zostało w pomieszczeniach znajdujących się bezpośrednio pod pokojami, w których badano przebieg pożaru, tj. na I piętrze dla pożaru w mieszkaniu rozszczelnionym oraz na III piętrze dla pożaru w mieszkaniu doszczelnionym.

W każdym teście pożarowym zastosowany został system sygnalizacji pożaru składający się z dwóch optycznych czujek dymu (w przedpokoju oraz na klatce schodowej przed wejściem do mieszkania) z adresowalną linią dozorową oraz centralą sygnalizacji pożarowej.

Do rejestracji filmowej i robienia zdjęć wykorzystano kamerę przemysłową, dwie kamery termowizyjne, dwie cyfrowe kamery filmowe HD, cztery kamery internetowe (po dwie w każdym mieszkaniu) i cztery aparaty fotograficzne.

Metodyka badań

Jako inicjator zapłonu posłużył wykonany według brytyjskiej normy BS 5852 stosik z drewna świerkowego z gazikiem nasączonym 96-procentowym alkoholem etylowym oraz palnik do lutowania z jednorazowym pojemnikiem z mieszaniną gazów propan-butan (35% propan, 65% butan).

fot. Krzysztof Gład



Aparatura do pomiaru stężeń gazów pożarowych

fot. Janusz Pałszek-Salańczyk



Lokalizacja kamery termowizyjnej i kamery przemysłowej

fot. Tomasz Krol



Ustawienie sprzętu pomiarowego oraz przedmiotów przed testem w mieszkaniu doszczelnionym

fot. Janusz Pałszek-Salańczyk



Pomieszczenie (pokój) przed testem w mieszkaniu rozszczelnionym

Podczas obu testów przeprowadzono następujące pomiary:

1. Stężenie gazów pożarowych badane było za pomocą jedno- i wielkanałowych analizatorów gazów, chromatografów gazowych oraz aparatury pomocniczej. W obu pomieszczeniach objętych pożarem trwał ciągły pomiar stężenia CO, CO₂, SO₂, HCN, NO₂, NO, H₂S, HCL, O₂, CH₄, H₂, N₂, C₂H₂, C₂H₄, C₃H₆, C₂H₆, C₃H₈, i-C₄H₁₀ i n-C₄H₁₀. Dodatkowo w przestrzeni przedpokoju w mieszkaniu doszczelnionym prowadzony był pomiar stężenia O₂ oraz CO. W każdym z badanych mieszkań umieszczono cztery sondy próbobiorcze:

- przy podłodze na wysokości 90 cm – sonda nr 2,
- na wysokości 160 cm – sonda nr 1 i 3,
- pod stropem (sufitem) na wysokości 230 cm – sonda nr 4.

2. Oddziaływanie temperatury w obu pomieszczeniach objętych pożarem rejestrowane było przez dziewięć termopar typu K – siedem termopar wewnątrz pomieszczenia i dwie na zewnątrz budynku:

- termopary t1 i t2 zamocowane zostały na wysokości 200 cm,
- termoparę t3 zlokalizowano na wysokości 150 cm,
- termopara t4 i drzewo termopar t5 z trzema punktami pomiarowymi mierzyły parametry otoczenia zewnętrznego,
- drzewa termopar t6, t7, t8, t9 z ośmioma punktami pomiarowymi umieszczono na wysokości 100 cm, 130 cm, 160 cm, 180 cm, 200 cm, 220 cm, 230 cm i 240 cm od podłogi,

• w każdym z pomieszczeń objętych pożarem temperatura rejestrowana była dodatkowo za pomocą dwóch kamer termowizyjnych oraz przez liniowy sensoryczny system pomiaru temperatury umieszczony na suficie.

3. Czas trwania pożaru liczony był od momentu zapłonu oraz chwili, w której płomień osiągnął wysokość 100 cm.

4. Wysokość rozprzestrzeniania się płomienia po powierzchni materiału badana była według dwóch podziałek liniowych na ścianie: jedna biegła przy tapczanie od wysokości 50 cm do 230 cm, z podziałem co 20 cm, druga przy fotelu (wykonana w taki sam sposób).

5. Aby zbadać wpływ czynników materiałowych oraz otoczenia na szybkość rozprzestrzeniania się płomienia po materiałach stałych, analizie poddano strukturę i skład chemiczny materiałów. Tapczan oraz fotele zostały wykonane w trzech egzemplarzach na indywidualne zamówienie (ta sama grubość materiałów i ich gęstość w każdym z testów). Sprawdzone obecność środków ogniochronnych oraz uwzględniono tę samą geometrię rozmieszczenia materiałów. Ponadto sprawdzono kierunek propagacji płomienia przez ciągłą rejestrację dwoma kamerami internetowymi, dwoma kamerami termowizyjnymi, jedną kamerą przemysłową oraz jedną kamerą cyfrową HD. Zwrócono uwagę na takie czynniki otoczenia, jak: skład atmosfery utleniającej, temperatura na zewnątrz, ciśnienie oraz prędkość ruchów powietrza, poprzez ich pomiar przed każdym z testów pożarowych.

6. Warunki meteorologiczne rejestrowała przenośna stacja meteorologiczna, umieszczona na dachu budynku. Odnotowywane były:



Miejsce pożaru w mieszkaniu doszczelnionym po wykonaniu pierwszego testu



Miejsce pożaru w mieszkaniu doszczelnionym po wykonaniu drugiego testu

fot. Tomasz Krol

Zestawienie materiałów palnych znajdujących się w badanych mieszkaniach [2]

Wyposażenie	Element	Material	Gęstość [kg/m ³]	Ciepło właściwe [kJ/kg·K]
tapczan	spód	drewno	640	2,85
	materac	pianka	28	1,7
		poliester	1200	1,256
fotel	oparcie	akryl	1040	1,507
		pianka	28	1,7
		poliester	1200	1,256
	poręcz	drewno	640	2,85
	stelaż	stal	7850	0,46
meblościanka		drewno	640	2,85
stolik	blat i obrus	drewno	640	2,85
		poliester	1200	1,256
	nogi	drewno	640	2,85
koc		poliester	1200	1,256
pościel, poduszka		bawełna	74	1,3
spodnie		bawełna	330	1,3
sweter		welna	225	1,88
makulatura	czasopisma, gazety	papier	900	1,42

- temperatura powietrza,
- wilgotność powietrza,
- ciśnienie otoczenia,
- nadciśnienie w pomieszczeniu objętym pożarem w stosunku do ciśnienia atmosferycznego,
- różnica ciśnień między strefą pożaru a klatką schodową,
- prędkość powietrza w mieszkaniu: sprawdzono wyciąg powietrza przy kratce wentylacyjnej w kuchni.

Pomiary szczelności obu pomieszczeń wykonano w przeddzień badań metodą BlowerDoor Test, Test Standard Modell 4 EN 13829.

Podsumowanie

1. Podczas pierwszego testu w mieszkaniu doszczelnionym doszło do samoczynnego wygaśnięcia pożaru w krótkim czasie. W przestrzeni objętej pożarem nastąpił wyraźny wzrost ciśnienia, a wkrótce potem duże zadymienie, zasygnalizowane przez jedną z czujek dymu. W drugim teście odnotowano dużo wyższe stężenia tlenku węgla, dwutlenku węgla, cyjanowodoru, siarkowodoru, tlenków azotu, wodoru, węglowodorów alifatycznych i niższe stężenia tlenu i temperatury.

2. W drugim teście pożarowym w mieszkaniu rozszczelnionym zaobserwowano dużo wyższe wartości temperatury przez cały czas trwania badania. Stężenia gazów były niższe, nie odnotowano przyrostu ciśnienia. System sygnalizacji pożaru zadziałał po dłuższym czasie niż w pierwszym teście.

3. Zastosowanie symulacji komputerowych pozwala na zbliżone do rzeczywistości przedstawienie warunków panujących w środowisku pożaru. Przykładem tego są wyniki

dotyczące temperatury oraz stężenia tlenu uzyskane w symulacji za pomocą specjalistycznego oprogramowania opartego na metodach obliczeniowych numerycznej mechaniki płynów. Niemniej jednak warunkiem potwierdzającym poprawność założeń przyjętych do symulacji oraz jej wyników jest ich walidacja w warunkach rzeczywistych. Jako przykład służą różne wyniki ciśnienia uzyskane w badaniach w pełnej skali i w wykonanej symulacji komputerowej.

Prowadzenie tego rodzaju badań daje różnorodne korzyści. Przykładem może być chociażby:

a) możliwość określenia charakteru zagrożeń pożarowych w nowych budynkach mieszkalnych, a także w budownictwie starszego typu – wynikających na przykład z niewłaściwie przeprowadzonego procesu termomodernizacji,

b) edukacja strażaków w zakresie rozwoju pożarów wewnętrznych, z uwzględnieniem zmian w charakterze ich przebiegu spowodowanych stosowaniem nowych technologii budowlanych, co w szerszym zakresie posłużyć może edukacji społeczeństwa w dziedzinie bezpieczeństwa pożarowego budynków mieszkalnych,

c) wyniki badań są doskonałym odniesieniem dla projektantów, konstruktorów budynków, a także dla inżynierów specjalizujących się w bezpieczeństwie pożarowym i rzeczoznawców oraz wielu innych środowisk związanych z pożarnictwem, próbujących za pomocą różnych metod przewidzieć i modelować rzeczywiste zjawiska fizyczne – posłużyć np. do oceny ryzyka pożarowego w budynkach mieszkalnych oraz prognozowania zagrożeń typu *backdraft* i *flashover*.

Obecnie pożary mieszkań rozwijają się dużo szybciej, rozprzestrzeniają z większą intensywnością (co powodują nowoczesne materiały wykończeniowe i nowoczesna architektura – duże, otwarte przestrzenie), a produkty spalania są zdecydowanie bardziej toksyczne, gdyż materiały wykończeniowe są w dużej mierze sztuczne. Współczesne materiały budowlane oraz stanowiące wyposażenie mieszkań zawierają dużo mniej wilgoci niż te stosowane dawniej, co powoduje, że faza rozwoju pożaru jest zdecydowanie krótsza. Potwierdzają to wyniki uzyskane w bytomskich badaniach. Wzrost szczelności mieszkań również przekłada się na zmianę charakteru pożarów wewnętrznych – mamy wtedy do czynienia z pożarem kontrolowanym przez wentylację, co skutkuje np. możliwością szybszego zapalenia się gazów pożarowych czy nagłego wzrostu ciśnienia.

Zmiana charakteru przebiegu pożarów wewnętrznych powinna też znaleźć odzwierciedlenie w szkoleniu strażaków. Ciągłe zbyt małą wagę przywiązuje się do weryfikacji praktycznych umiejętności ratowników. W jednostkach ratowniczo-gaśniczych mamy coraz młodszą kadrę, która nie ma okazji uczyć się od starszych i doświadczonych kolegów. ■

Przypisy, literatura

- [1] Sekret R., Saleta D., *Bezpieczeństwo pożarowe budynków mieszkalnych poddanych termomodernizacji*, [w:] Gil A., Nowacka U., Chmiel M. (red.), *Inżynieria bezpieczeństwa a zagrożenia cywilizacyjne*, wyd. CS PSP Częstochowa, s. 9-46.
- [2] Saleta D., Tekielak-Skałka I., *Analiza rozwoju pożaru mieszkalnego w skali rzeczywistej*, Międzynarodowe Seminarium Naukowe „Ochrona przeciwpożarowa – Zakopane, wiosna 2013”, 18-21 marca 2013 r.
- [3] Sekret R., Saleta D., *Wpływ procesu termomodernizacji budynków mieszkalnych na toksyczność pożaru na przykładzie zabudowy miejskiej na Górnym Śląsku*, VII Międzynarodowa Konferencja „Bezpieczeństwo pożarowe obiektów budowlanych”, wyd. ITB, 6-8 listopada 2012 r., Warszawa, s. 75-85.
- [4] Sekret R., Saleta D., Sztarbala G., Smardz P., *Comparison of CFD Modelling with Fire Tests, Application of Structural Fire Engineering*, 19-20 April 2013, Prague, Czech Republic.
- [5] Rein G., Jahn W., Torero J.L., *Modelling of growth phase of Dalmarnock fire test one*, 12th International Fire and Materials Conference, San Francisco, Feb 2011.
- [6] <http://www.see.ed.ac.uk/fire/dalmarnock.html>, 2012-08-10.
- [7] The Geneva Association, *World Fire Statistics Nr 28*, October 2012, s.18.
- [8] http://www.dziennikzachodni.pl/artykul/661243/bytom-plonelo-mieszkanie-w-karbiu-to-strazacki-eksperyment,19,id,t,sg.html#drukuj_dol, 2013-05-14
- [9] <http://www.genevaassociation.org/PDF/WFSC/GA2012-FIRE28.pdf>, 2013-02-26

St. kpt. Damian Saleta służy w JRG KM PSP w Bytomiu. Píše doktorat na Wydziale Inżynierii Środowiska i Biotechnologii Politechniki Częstochowskiej na temat „Badanie propagacji dymu i płomieni w budynku mieszkalnym o podwyższonym stopniu szczelności.” W jego ramach został przeprowadzony opisany w artykule eksperyment.