

ml. kpt. inż. Adrian Osipiński¹⁾
 st. kpt. dr inż. Sylwia Boroń^{1)*}
 ORCID: 0000-0002-3886-0060

Wpływ rodzaju drewna na czas zadziałania autonomicznych czujek dymu

Influence of wood type on the time of operation of autonomous smoke detectors

DOI: 10.15199/33.2020.10.05

Streszczenie. W artykule omówiono badania doświadczalne wpływu rodzaju drewna na czas zadziałania wybranych autonomicznych czujek dymu. Polegały one na pomiarze czasu zadziałania autonomicznych czujek dymu podczas spalania płomieniowego i bezpłomieniowego próbek wybranych gatunków drewna oraz materiałów drewnopodobnych powszechnie stosowanych w budownictwie mieszkaniowym i przemyśle meblarskim. Na podstawie uzyskanych wyników dokonano oceny przydatności i niezawodności działania autonomicznych czujek dymu podczas detekcji pożaru w zależności od rodzaju spalania oraz zastosowanego materiału palnego.

Słowa kluczowe: autonomiczne czujki dymu; rodzaj drewna; czas zadziałania; spalanie płomieniowe; spalanie bezpłomieniowe.

Abstract. The article examines the influence of the type of wood on the response time of selected autonomous smoke detectors. The conducted experimental studies consisted in measuring the response time of autonomous smoke detectors during flame and flameless combustion of samples of selected wood species and wood-based materials commonly used in housing and furniture industry. On the basis of the obtained results, the usability and reliability of operation of autonomous smoke detectors during fire detection was assessed, depending on the type of combustion and the use of flammable material.

Keywords: autonomous smoke detectors; type of wood; response time; flame combustion; flameless combustion.

Prawidłowy dobór autonomicznych czujek dymu, dostosowany do przewidywanego rodzaju spalania oraz rodzaju materiałów palnych, warunkuje zapewnienie odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa pożarowego w zabezpieczonym obiekcie mieszkalnym. Do najczęstszych przyczyn pożaru w obiektach mieszkalnych zaliczyć można nieumyślne zaproszenie ognia przez osoby dorosłe lub dzieci, uszkodzenie instalacji elektrycznych czy niewłaściwą eksploatację urządzeń grzewczych. Powstały w ten sposób pożar może przybierać postać zarówno spalania płomieniowego, jak i bezpłomieniowego. Rozwój pożaru uzależniony jest także od rodzaju materiałów palnych znajdujących się w obiekcie mieszkalnym. Obok materiałów syntetycznych, największe zagrożenie stwarzają wyroby drewniane i drewnopodobne wykorzystywane przede wszystkim do wznoszenia konstrukcji obiektów, wykonywania podłóg, schodów, okładzin

ścian, mebli i elementów wyposażenia. W zależności od przeznaczenia i właściwości użytkowych korzysta się z różnych gatunków drewna różniących się palnością, dynamiką procesu spalania, dymotwórczością oraz składem produktów spalania i ich właściwościami fizycznymi [2].

Zakres i metoda badań

Celem przeprowadzonych badań była analiza porównawcza czasu zadziałania wybranych autonomicznych czujek dymu z uwzględnieniem rodzaju spalnego drewna. Kryterium oceny skuteczności działania urządzeń był czas wejścia w stan alarmu pożarowego czujek podczas spalania płomieniowego i bezpłomieniowego wybranych materiałów drewnianych i drewnopodobnych. Wytypowano sześć modeli autonomicznych czujek dymu dostępnych na polskim rynku. Trzy z nich wykorzystywały zjawisko fotoelektryczne polegające na rozproszeniu światła, jedna zjawisko zmiany wartości prądu jonizacji, a kolejne to czujki dwusensorowe, łączące w sobie sensory dymu i ciepła [4]. Dobór urządzeń pozwolił porównać sku-

teczność detekcji pożaru przez czujki wykorzystujące różne rozwiązania techniczne (tabela 1). Programem badawczym objęto trzy rodzaje drewna – sosny, buku i dębu oraz materiał drewnopodobny – płytę wiórową (tabela 2).

Badania wpływu rodzaju drewna na czas zadziałania autonomicznych czujek dymu zostały przeprowadzone w szczególnej komorze do prób ogniowych znajdującej się w Pracowni Technicznych Systemów Zabezpieczeń w Szkole Głównej Służby Pożarniczej. Komora badawcza o wymiarach podłogi 5 × 5 m i wysokości 2,8 m ma częściowo przeszklone ściany, co pozwalało na dokonywanie obserwacji przebiegu badania wewnątrz komory w trakcie przeprowadzania kolejnych prób spalania płomieniowego i bezpłomieniowego.

Podczas spalania płomieniowego, stos ułożony z próbek drewna o wymiarach 250 × 20 × 10 mm umieszczony został na pojemniku o wymiarach 20 × 30 cm wypełnionym 20 dm³ cieczy palnej (skażony etanol). Pojemnik został umieszczony na tacy o wymiarach 0,6 × 0,6 m (fotografia a). W celu przeprowadzenia spalania bezpłomieniowe-

¹⁾ Szkoła Główna Służby Pożarniczej; Wydział Inżynierii Bezpieczeństwa i Ochrony Ludności
 *) Adres do korespondencji: sboron@sgsp.edu.pl

Tabela 1. Porównanie wybranych parametrów czujek objętych programem badawczym
 Table 1. Comparison of selected parameters of detectors included in the research program

Rodzaj czujki	Zasilanie	Natężenie dźwięku podczas alarmu [dB]	Zakres temperatury pracy [°C]	Wymiary [mm]
Czujka nr 1: autonomiczna czujka dymu na światło rozproszone	bateria 9V alkaliczna	85	-10 do +55	ø 112 x 57
Czujka nr 2: autonomiczna czujka dymu na światło rozproszone	bateria 9V alkaliczna	85	–	ø 126,6 x 92,8
Czujka nr 3: autonomiczna czujka dymu na światło rozproszone	bateria 9V alkaliczna	85	od 0 do 40	ø 100 x 38
Czujka nr 4: autonomiczna jonizacyjna czujka dymu	bateria 9V alkaliczna	85	od 0 do 40	ø 98 x 38
Czujka nr 5: autonomiczna dwusensorowa czujka dymu (na światło rozproszone) i ciepła	bateria litowa	85	od 0 do 55	ø 108 x 61
Czujka nr 6: autonomiczna dwusensorowa czujka dymu jonizacyjna i na światło rozproszone	bateria 9V alkaliczna	85	od 4 do 38	ø 144,5 x 71

Tabela 2. Porównanie parametrów fizycznych i mechanicznych badanych materiałów palnych
 Table 2. Comparison of physical and mechanical parameters of the tested combustible materials

Gatunek drewna	Klasa	Gęstość (wilgotność 12 – 15%) [kg/m ³]	Wytrzymałość na ściskanie [MPa]	Wytrzymałość na rozciąganie wzdłuż/w poprzek włókien [MPa]	Twardość Brinella
Sosna pospolita	iglaste	330 – 890	35 – 94	35 – 196 / 1 – 4,4	1,6
Buk pospolity	dwuliścienne	540 – 910	41 – 99	57 – 180 / 7,0 – 10,7	3,8
Dąb szypułkowy	dwuliścienne	430 – 960	54 – 67	50 – 180 / 2,6 – 9,6	3,7
Płyta wiórowa	–	500 – 750	–	–	–

Źródło: opracowano na podstawie [1]

go próbek drewna wykorzystano żeliwną płytę grzewczą o średnicy 19 cm, zasilaną prądem elektrycznym o napięciu 230 V, na której równolegle umieszczano sześć próbek spalane materiału (fotografia b). Komora badawcza była wyposażona w wentylację mechaniczną wraz z wielopunktowym napowietrzaniem, gwarantującą sprawne i wydajne przewietrzenie przestrzeni komory z pozostałości dymu. Autonomiczne czujki dymu wykorzystane w badaniach zosta-

ły zainstalowane na suficie po łuku, w odległości 270 cm od źródła spalania. Usytuowanie czujek zakładało brak przeszkód na suficie, które mogłyby zakłócać prawidłową detekcję pożaru. Pomiar czasu zadziałania czujek dokonywany był przy użyciu stopera pozwalającego na rejestrację wyników z dokładnością do 1 s. Program badawczy zakładał wykonanie po trzy próby spalania płomieniowego i bezpłomieniowego. Otrzymane wyniki zostały uśrednione.

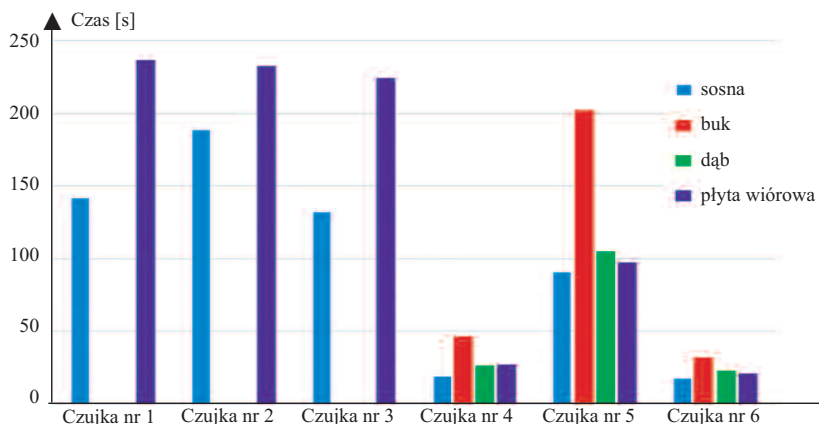


Ułożenie próbek drewna podczas spalania: a) płomieniowego; b) bezpłomieniowego
 Arrangement of wood samples during combustion: a) flame; b) flameless

Wyniki badań

Podczas spalania płomieniowego największą skutecznością wykazały autonomiczne czujki wykorzystujące sensory jonizacyjne (czujki nr 4 i 6) oraz czujka dymu i ciepła (czujka nr 5). Detektory te bardzo sprawnie zadziałały w każdej próbie, przy spalaniu wszystkich materiałów palnych. Czujki działające wyłącznie na podstawie zjawiska fotoelektrycznego (czujki nr 1, 2 i 3) wchodziły w stan alarmu pożarowego jedynie podczas spalania drewna sosnowego i płyty wiórowej. Z tego względu w analizie porównawczej uwzględniono jedynie czas zadziałania czujek uzyskany podczas spalania tych dwóch materiałów palnych. Czujką, która najszybciej reagowała na wystąpienie pożaru, była dwusensorowa czujka dymu jonizacyjna i na światło rozproszone (czujka nr 6). Następnie w stan alarmu pożarowego wchodziła czujka jonizacyjna (czujka nr 4). Trzecia w kolejności reagowała dwusensorowa czujka dymu i ciepła (czujka nr 5). Najszybszą spośród rozproszeniowych czujek optycznych była czujka nr 3. Następnie uruchamiała się rozproszeniowa czujka optyczna nr 1, a na końcu rozproszeniowa czujka optyczna nr 2 (rysunek 1).

Analizując różnice czasu zadziałania między czujkami z detektorem jonizacyjnym oraz detektorem ciepła a rozproszeniowymi czujkami optycznymi, stwierdzono, że średnia różnica w czasie zadziałania wynosiła 111 s w przypadku spalania drewna sosnowego, a w przypadku płyty wiórowej 182 s. Otrzymane wyniki potwierdzają słuszność tezy, że detektory jonizacyjne znacznie lepiej wykrywają spalanie płomieniowe materiałów palnych w porównaniu z czujkami optycznymi. Wynika to z wielkości cząstek powstającego dymu. Czujki jonizacyjne mają zazwyczaj większą czułość przy dużym stężeniu małych cząstek (obecnych przy spalaniu płomieniowym), natomiast mniejszą przy małym stężeniu, np. dużych kropeł dymu powstających podczas spalania bezpłomieniowego. Optyczne czujki punktowe mają natomiast dużą czułość przy cząstkach dymu o średnicy równej w przybliżeniu długości fali świetlnej, a małą przy cząstkach o dużo mniejszej średnicy [3]. Czujka reagująca na wzrost temperatury zadziałała



Rys. 1. Średni czas zadziałania czujek w trakcie spalania płomieniowego w zależności od rodzaju materiału palnego

Fig. 1. Average retention time of detectors during flame combustion depending on the type of combustible material

sprawnie przy spalaniu wszystkich materiałów, ponieważ w każdej próbie temperatura w strefie podsufitowej osiągała wartość zbliżoną do 58°C.

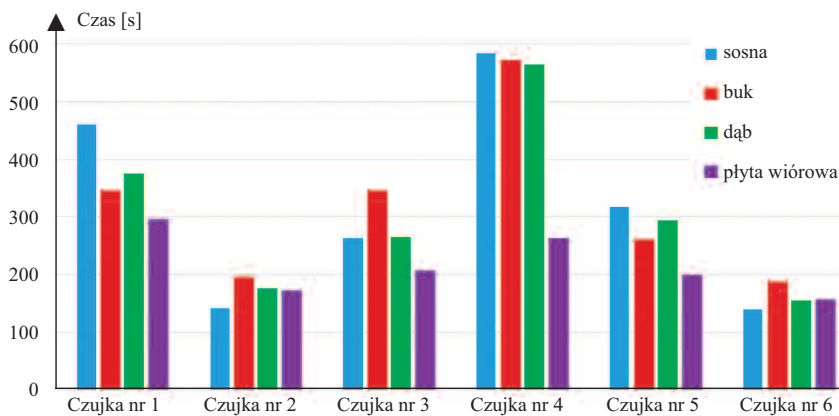
Nie tylko rodzaj zastosowanej czujki miał wpływ na czas detekcji pożaru. Kluczową rolę odgrywał także rodzaj spalanego materiału [5]. Podczas spalania drewna bukowego i dębowego czujki wykorzystujące zjawisko fotoelektryczne nie wchodziły w stan alarmu pożarowego. Przeciwny rezultat obserwowano podczas badania drewna sosnowego i płyty wiórowej, gdzie wszystkie detektory zadziałały w zadanym czasie. Z tego względu do porównania czasu detekcji w zależności od rodzaju zastosowanego drewna wykorzystano jedynie czasy zadziałania czujek nr 4, 5 i 6, ponieważ tylko one każdorazowo wchodziły w stan alarmu pożarowego, niezależnie od rodzaju spalanego materiału.

Średni czas zadziałania analizowanych czujek był najkrótszy w przypadku spalania drewna sosnowego, następnie płyty wiórowej, drewna dębowego i na końcu drewna bukowego (rysunek 1). Różnice w czasie detekcji wynikają z odmiennej budowy, właściwości i składu badanych materiałów. Wraz ze wzrostem ich gęstości i twardości czas detekcji wydłuża się. Ponadto wpływ na czas zadziałania detektorów ma zawartość ekstraktów i innych dodatków w strukturze materiału. **Drewno sosnowe** zawiera znaczne ilości żywicy i innych związków, które wpływają dodatnio na dymotwórczość oraz prędkość spalania. Podobną sytuację można zaobserwować w przypadku **płyty wiórowej**, która za-

wiera duże ilości klejów i innych dodatków spajających wióry, a także nadających jej odpowiednie właściwości użytkowe. Dodatki te wydzielają podczas spalania dodatkowe ilości dymu i zwiększają dynamikę rozkładu. **Drewno dębowe i bukowe** to materiały twarde zaliczane odpowiednio do II i III klasy twardości Brinella. Wpływa to na większą gęstość surowca, co ma ujemny wpływ na parametry pożarowe. Próbkę wykonaną z tych materiałów spalały się wolniej, wydzielały mniej dymu i czas zadziałania czujek był dłuższy (rysunek 1).

Podczas badań spalania bezpłomieniowego wszystkie czujki autonomiczne, niezależnie od wykorzystywanego sensora, sygnalizowały stan alarmu pożarowego. Większą skuteczność wykazywały detektory optyczne w porównaniu z jonizacyjnymi. Najszybciej reagował detektor dwusensorowy – czujka dymu jonizacyjna i optyczna na światło

rozproszone (czujka nr 6). Następnie pożar sygnalizowała optyczna rozproszeniowa czujka dymu nr 2. Kolejną czujką wchodzącą w stan alarmu pożarowego była dwusensorowa czujka dymu i ciepła – czujka nr 5. Chwilę później reagowała rozproszeniowa czujka optyczna nr 3. Następnie rozproszeniowa optyczna czujka dymu nr 1, a na końcu reagowała jonizacyjna czujka dymu nr 4 (rysunek 2). W tym przypadku rodzaj spalania również ma wpływ na czas detekcji zagrożenia. Podczas tlenia dochodzi do uwolnienia jasnego, gęstego dymu, którego ilość i barwa zależą od spalanego materiału. Różnica między średnim czasem zadziałania czujek optycznych a czujki jonizacyjnej wynosiła 247 s. Dzieje się tak ze względu na jasną barwę produktów spalania i dosyć duże cząsteczki dymu. Dzięki temu czujki wykorzystujące zjawisko fotoelektryczne szybciej wykrywają pożar niż czujki jonizacyjne. Różnica czasu zadziałania poszczególnych rozproszeniowych czujek optycznych wynika z zaprogramowanej czułości i wykorzystanych zakresów fal świetlnych. Podczas badań nie odnotowywano istotnego zwiększenia wzrostu temperatury w komorze badawczej. Czas zadziałania detektorów w porównaniu ze spalaniem płomieniowym był średnio o 140 s dłuższy. Wynika to ze znacznie mniejszej dynamiki spalania bezpłomieniowego, większej średnicy cząstek dymu, a co za tym idzie większego ciężaru i wolniejszego rozprzestrzeniania się dymu w przestrzeni, a także mniejszego i wolniejszego przyrostu temperatury.



Rys. 2. Średni czas zadziałania czujek podczas spalania bezpłomieniowego w zależności od rodzaju materiału palnego

Fig. 2. Average retention time of detectors during flameless combustion depending on the type of combustible material

Analizując wpływ rodzaju drewna na czas zadziałania autonomicznych czujek dymu w wariacie spalania bezpłomieniowego, stwierdzono, że czujki najszybciej reagują podczas rozkładu płyty wiórowej. Różnica między czasem zadziałania czujek przy spalaniu poszczególnych rodzajów drewna jest niewielka, ale najsprawniej czujki reagowały podczas spalania drewna dębowego, następnie bukowego i na końcu sosnowego. Brak istotnej różnicy w czasie zadziałania czujek w przypadku spalania różnych rodzajów drewna sugerować może, że w wariacie spalania bezpłomieniowego gatunek drewna nie ma istotnego wpływu na czas detekcji pożaru. Materiały drewniane i drewnopodobne wydzielają produkty spalania już w momencie kontaktu z rozgrzaną płytą grzewczą. Uzyskane produkty spalania, mimo różnej gęstości i zawartości dodatków, nie różniły się na tyle, aby wpłynąć na średni czas zadziałania autonomicznych czujek dymu.

Podsumowanie i wnioski

Autonomiczne czujki dymu są urządzeniami służącymi do wczesnej detekcji pożaru w warunkach domowych. W ofercie rynkowej znaleźć można czujki autonomiczne wykorzystujące różne sensory, głównie optyczne, jonizacyjne i temperatury. Ich wybór powinien być uzależniony od przewidywanych warunków spalania w obiekcie mieszkalnym (spalanie płomieniowe, bezpłomieniowe), a także od rodzaju wykorzystanych materiałów drewnianych i drewnopodobnych w postaci mebli, podłóg, oklein, boazerii, wyposażenia itp. Rodzaj spalania odgrywa także kluczową rolę w czasie detekcji pożaru przez autonomiczne czujki dymu. Wiąże się to z odmienną charakterystyką i właściwościami powstającego dymu.

Przeprowadzone badania zostały zaplanowane tak, aby wykorzystać w nich materiały drewniane najczęściej stosowane w obiektach mieszkalnych, ale mające różną wytrzymałość. Z tego względu przebadane zostało drewno so-

snowe (lekkie, o małej gęstości), dębowe (twarde, o większej gęstości) oraz bukowe (cechujące się największą twardością i gęstością). Zdecydowano się również na wykorzystanie płyty wiórowej, jako materiału powszechnie stosowanego w przemyśle meblarskim.

Analizując wyniki otrzymane z przeprowadzonych badań, stwierdzono, że:

1) w przypadku spalania płomieniowego:

- najszybciej stan alarmu pożarowego sygnalizują autonomiczne czujki jonizacyjne, następnie czujki temperatury, a najpóźniej czujki optyczne;

- wraz ze wzrostem twardości i gęstości drewna czas detekcji ulega wydłużeniu;

- skuteczność działania niektórych autonomicznych czujek optycznych jest ograniczona podczas spalania materiałów w i powyżej II klasy twardości Brinella;

- zwiększona ilość ekstraktów i dodatków w strukturze materiału skraca czas detekcji;

2) w przypadku spalania bezpłomieniowego:

- najszybciej stan alarmu pożarowego sygnalizują rozproszeniowe autonomiczne czujki optyczne, znacznie wolniej czujki jonizacyjne;

- niezależnie od rodzaju badanego materiału palnego wszystkie detektory sygnalizowały stan alarmu pożarowego;

- rodzaj badanych materiałów drewnianych i drewnopodobnych nie wpływał istotnie na czas zadziałania czujek;

- podczas spalania płyty wiórowej czujki szybciej wchodziły w stan alarmu pożarowego niż podczas spalania materiałów drewnianych; dotyczy to głównie czujki jonizacyjnej;

- zawartość dodatków syntetycznych w składzie materiału skraca czas detekcji pożaru przez czujki;

- dynamika rozwoju pożaru jest mniejsza niż w przypadku spalania płomieniowego, a średni czas detekcji dłuższy;

- w trakcie spalania bezpłomieniowego powstaje dużo jasnego dymu, którego gęstość i barwa uzależnione są od gatunku spalanego materiału;

3) **rekomendowana** do zastosowania w warunkach domowych **jest dwusensorowa czujka dymu** wykorzystująca zjawisko rozproszenia światła i zjawisko jonizacji powietrza lub zainstalowanie dwóch oddzielnych czujek wykorzystujących wskazane sensory. Czujka ta jest w stanie zapewnić sprawną detekcję pożaru niezależnie od rodzaju spalania;

4) **czujka ciepła** znajduje zastosowanie w zabezpieczaniu ograniczonych przestrzeni, szczególnie narażonych na powstanie spalania płomieniowego i szybki wzrost temperatury, np. w kotłowniach;

5) **w kontekście wystąpienia pożaru**, do wykończenia i wyposażenia obiektów mieszkalnych warto wybierać materiały drewnopodobne oraz materiały wykonane z drewna o małej gęstości, które podczas spalania szybciej wzbudzają czujki pożarowe;

6) **w przypadku ryzyka wystąpienia spalania płomieniowego** lepiej wyposażyć obiekt w autonomiczne jonizacyjne czujki dymu;

7) **w przypadku ryzyka wystąpienia spalania bezpłomieniowego** lepiej wyposażyć obiekt w autonomiczne optyczne czujki dymu.

Zagadnienia zaprezentowane w artykule nie wyczerpują tematu. Problematyka bezpieczeństwa pożarowego gospodarstw domowych wymaga dalszej analizy i działań uświadamiających społeczeństwo. Powszechne stosowanie czujek pożarowych w sposób zdecydowany ograniczyłoby liczbę ofiar śmiertelnych w pożarach oraz w dużej mierze zmniejszyłoby straty materialne z nich wynikające.

Literatura

- [1] <https://www.itd.poznan.pl>, 21.06.2020 r.
- [2] Osiński Adrian, Sylwia Boroń. 2020. „Autonomiczna czujka dymu – skuteczna detekcja pożaru w obiektach mieszkalnych”. *Materiały Budowlane* 575 (7): 34 – 37. DOI: 10.15199/33.2020.07.04.
- [3] Popielarczyk Tomasz. 2009. „Badanie wpływu gęstości drewna ulegającego spalaniu na czas zadziałania czujek dymu”. *Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza*, Nr 02 (14).
- [4] PN-EN 14604:2006 Autonomiczne czujki dymu.
- [5] Wnęk Waldemar. 2008. „Wpływ gatunku drewna na czas zadziałania pożarowych czujek dymu”. *Materiały VII Międzynarodowej Konferencji „Bezpieczeństwo Pożarowe Budowli”*, Warszawa.

Przyjęto do druku: 22.06.2020 r.

Partner działu:

PROMAT TOP Sp. z o.o.
www.promatop.pl

Promat