



dr hab. inż. Wojciech Węgrzyński  
Profesor Instytutu

Warszawa, 13.04.2021

Zakład Badań Ogniwych  
Instytut Techniki Budowlanej  
ul. Ksawerów 21, 02-656 Warszawa

## Recenzja pracy doktorskiej st. bryg. mgr inż. Jacka Antosa

### „Wpływ wybranych parametrów środowiska na automatyczną detekcję pożaru”

#### 1 Podstawa formalna wykonania recenzji

Recenzja została wykonana na zlecenie Komendanta-Rektora Szkoły Głównej Służby Pożarniczej i Umowy o dzieło nr 198/RR-2/21 z dnia 6 kwietnia 2021 roku, oraz Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (nazywana dalej *Ustawą*).

#### 2 Przedmiot i cel recenzji

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska st. bryg. mgr inż. Jacka Antosa pt. „Wpływ wybranych parametrów środowiska na automatyczną detekcję pożaru”. Promotorem pracy jest dr hab. Marek Konecki, prof. uczelni, a promotorem pomocniczym dr inż. Przemysław Kubica. Ocena rozprawy jest prowadzona w odniesieniu do wymagań Ustawy, w tym przede wszystkim:

*Art. 187. 1. Rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w dyscyplinie albo dyscyplinach oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej lub artystycznej.*

*2. Przedmiotem rozprawy doktorskiej jest oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, oryginalne rozwiązanie w zakresie zastosowania wyników własnych badań naukowych w sferze gospodarczej lub społecznej albo oryginalne dokonanie artystyczne*

#### 3 Charakterystyka pracy

Główna część rozprawy została zawarta na 116 stronach i podzielona na 11 rozdziałów, zawierających wprowadzenie oraz podsumowanie wraz z wnioskami. Zasadnicza część pracy poprzedzona jest spisem treści, słownikiem najważniejszych definicji oraz wykazem skrótów, zaś zakończona spisem cytowanej literatury (103 pozycje). Do pracy dołączonych jest jedenaście załączników zawierających szczegółowe wyniki pomiarów przeprowadzonych przez Doktoranta.

Tematyka pracy dotyczy aspektów automatycznej detekcji pożaru w pomieszczeniach, oraz przeciwdziałania alarmom fałszywym. Problem ten ma znaczenie praktyczne, gdyż alarmy fałszywe odpowiadają za około 41% wszystkich alarmów pożarowych (wg. danych z 2019 r.).

Problem naukowy pracy zdefiniowano jako (str. 10): *różnicowanie rozpraszania promieniowania elektromagnetycznego o danych długościach fali, na cząstkach wybranych pyłów i aerozoli występujących wewnątrz budynków oraz cząstkach charakterystycznych dla produktów spalania.*

Omawiany problem naukowy, tj. wpływ środowiska w jakim znajduje się czujka na wykrycie odmiennego rozpraszania promieniowania elektromagnetycznego, oraz również wpływ przebiegu procesów spalania na powstałe produkty uwalniane do środowiska, umiejscawiają obszar zainteresowania Doktoranta w dyscyplinie **inżynierii środowiska**. W pracy da się odnaleźć także elementy interdyscyplinarne odnoszące się do inżynierii lądowej, oraz automatyki, elektroniki i elektrotechniki, co recenzent odbiera jako silną stronę pracy.

Doktorant postawił dwie zasadnicze tezy pracy (str. 10):

- *Porównanie sygnałów z wybranych detektorów czujek pożarowych zwiększa prawdopodobieństwo rozróżnienia pożaru od zjawiska zwodniczego;*
- *Istnieje możliwość opracowania znormalizowanych badań weryfikujących podatność czujek pożarowych na alarmy fałszywe.*

W Rozdziale 1 Autor przedstawia wprowadzenie do pracy, rozpoczynając od omówienia problematyki alarmów fałszywych, w tym przedstawienie statystyk zdarzeń. Definiuje problem naukowy i tezy pracy, jak również proponuje koncepcję jego rozwiązania.

Rozdział 2 stanowi opis procesów spalania w odniesieniu do tzw. faz pożaru. W rozdziale tym Doktorant dokonuje przeglądu literatury w przedmiotowym zakresie, omawiając w szczególności zmiany środowiska wewnętrznego (wewnątrz budynku) w początkowej fazie pożaru. W rozdz. 2.3. wprowadza kluczowe dla całości pracy pojęcie pożarów testowych (Test Fire, TF1 – 9), wraz z opisem odpowiadających im zagrożeń pożarowych w budynkach (choć ograniczając się do pożarów TF1 – 8). Poza wskazaniem cech charakterystycznych pożarów TF, Doktorant wyczerpująco opisuje standardowe metody pomiaru wykorzystywane do ilościowej oceny przebiegu tych pożarów (moduł ekstynkcji, moduł  $y$ ).

W rozdziale 3 Doktorant dokonuje przeglądu literatury w zakresie detekcji pożaru przez czujki dymu. Dużą uwagę poświęca działaniu czujek optycznych (wykorzystanych w pracy). Dużą uwagę poświęca zjawisku rozpraszania światła, od zagadnień teorii Mie, przez rozpraszanie Rayleigha, rozpraszanie Mie po efekt Tyndala. Rozpraszanie światła jest szczególnie istotne w odniesieniu do badanych urządzeń i proponowanej metody badań weryfikujących podatność czujek na alarmy fałszywe, a jednocześnie jest aspektem interakcji światła i dymu zazwyczaj pomijanym w analizach związanych z dymem pożarowym. Doktorant nie omawia zagadnień związanych z pochłanianiem światła (prawo Boughera-Lamberta-Beera), co pozostawia pewien niedosyt, gdyż opis obydwu zjawisk łącznie byłby opisem kompletnym. Z drugiej strony, zjawiska pochłaniania nie mają dużego znaczenia w detekcji dymu czujkami optycznymi punktowym, stąd takie ominięcie z uwagi na zwięzłość pracy wydaje się być uzasadnione. Rozdział 3 kończy się krótkim opisem rozkładu wielkości cząstek dymu pożarowego.

Rozdział 4 jest podsumowaniem stanu wiedzy w zakresie systemów automatycznej detekcji pożaru. Poza szczegółowym opisem konstrukcji i zasad działania systemów detekcji, Doktorant przedstawia także przyczyny fizyczne zjawisk zwodniczych (alarmów fałszywych). Wskazuje aktualne kierunki rozwoju czujek pożarowych. Dużą uwagę poświęca opracowanemu na WAT czujnikowi dymu pracującemu w dziewięciu kanałach, w tym trzech kanałach w paśmie 4000 Å, 6700 Å i 9000 Å. Analizując wyniki tych badań, Doktorant wysuwa wnioski dotyczące zasadności wykorzystania zaobserwowanego zjawiska zróżnicowanej czułości w różnych pasmach światła, do poprawy skuteczności detektorów dymu, co rozwija w dalszej części pracy.

Rozdział 5 stanowi wprowadzenie do badań eksperymentalnych Autora. Analizie poddano sensor dymu pracujący w zakresie promieniowania IR (8600 Å) oraz UV (4000 Å). Jako zależność do porównania przyjęto stosunek nasycenia sensora UV do nasycenia sensora IR, do czego w całej pracy odnoszono się jako „UV/IR”. Na moje uznanie zasługuje wykorzystanie w badaniach naukowych komercyjnego produktu (czujka DTC-6046) po modyfikacjach pozwalających na pobranie „surowych danych” z sensorów urządzenia. Oznacza to, że rozwiązując problem naukowy Doktorant jednocześnie rozwiązuje ważne problemy praktyczne związane z detekcją pożaru przez rzeczywiste czujki pożarowe.

Obszerną część rozdziału 5 stanowią wyniki badań z wykorzystaniem pożarów TF1 – TF8. W podsumowaniu wyników badań Doktorant rozróżnił dwie zasadnicze grupy pożarów, tj. pożary płomieniowe (TF 1, TF 4, TF 5, TF 8) oraz bezpłomieniowe (TF 2, TF 3). Różnice pomiędzy nimi wynikają z zasadniczych różnic w procesach spalania homo- i heterogenicznego, oraz różnych produktów spalania w nich powstałych. Doktorant ograniczył się jedynie do wskazania obserwowanej różnicy w wynikach pomiarów, nie poruszył jednak fizykochemicznych podstaw tych różnic. Na podstawie obserwacji zaproponował wartość  $UR/IR > 1.5$  jako wskazanie, że czujka wykrywa produkty spalania (w odniesieniu do wyłącznie spalania płomieniowego,  $UR/IR > 2$ ).

Rozdział 6 zawiera wyniki badań czynników zwodniczych, w których za pomocą tych samych sensorów próbkowano powietrze zawierające pyły organiczne i mineralne. Narażenia dokonano w tunelu pomiarowym o zamkniętym obiegu powietrza. Jako urządzenie odniesienie wybrano densytometr (urządzenie mierzące osłabienie światła w wyniku jego absorpcji). Zmierzony zakres UV/IR zawierał się w przedziale 0.3 – 1.7 ( $< 1.5$  w przedziale ufności  $2\sigma$ ,  $< 1.25$  w przedziale ufności  $1\sigma$ ). Dodatkowo, wartości UV/IR powyżej 1.5 uzyskano tylko dla pyłu betonowego. W rozdziale 7 Doktorant zaprezentował algorytm różnicujący parametry środowiska pożarowego, od wartości dla czynników zwodniczych. Jest to w zasadzie dyskusja praktycznych konsekwencji wyników badań uzyskanych w rozdziałach 5 i 6.

W rozdziale 8 Autor przedstawia wyniki badań czujek dymu z zaimplementowanym algorytmem opisanym w rozdz. 7. Badane detektory skutecznie wykrywały pożary rzeczywiste (TF), a były w mniejszym stopniu podatne na alarmy zwodnicze. Jest to potwierdzeniem pierwszej tezy pracy.

W rozdziale 9 Doktorant przedstawia analizę niepewności pomiarowej. W rozdziale 10 przedstawia koncepcję stanowiska badawczego do oceny podatności czujek na mylne wzbudzenia. Opracowana koncepcja metody badawczej stanowi wypełnienie drugiej z postawionych tez pracy.

Rozdział 11 zawiera podsumowanie pracy i płynące z niej wnioski. W rozdziale przedstawiono wyczerpujące podsumowanie genezy pracy, prowadzonych badań i ich wyników. Sformułowano łącznie 11 wniosków o charakterze naukowym i praktycznym.

#### 4 Ocena pracy

W mojej ocenie Doktorant osiągnął postawiony we wprowadzeniu cel pracy, tj. na podstawie bogatego programu eksperymentalnego udowodnił, że stosunek natężenia światła rozproszonego w paśmie UR do natężenia światła rozproszonego w paśmie IR może być wykorzystany jako pomiar różnicujący próbkowany materiał. Praktyczną konsekwencją jest możliwość odróżnienia zapylenia w wyniku zdarzenia zwodniczego od konsekwencji zdarzenia pożarowego. Doktorant w swoich rozważaniach poszedł zdecydowanie dalej, prezentując nie tylko dowód na poprawność swojej hipotezy, ale także praktyczne wdrożenie wyników badań oraz propozycję koncepcji badania, które pozwoli ocenić skuteczność przyszłych czujek dymu na wzbudzenie czynnikiem zwodniczym. Uważam, że przedstawione rozwiązanie problemu naukowego pracy jest więcej niż kompletne.

W ocenie recenzenta, innymi ważnymi osiągnięciami Doktranta są:

- Pomiar stosunku UV/IR dla dymu powstałego w pożarach TF 1 – TF 8, na podstawie dużej liczby badań;
- Pomiar stosunku UV/IR dla dziewięciu pyłów o pochodzeniu organicznym i mineralnym;

- Stworzenie algorytmu różnicującego zdarzenia pożarowe od zdarzeń zwodniczych, wdrożenie go w działającym systemie detekcji (na stanowisku pomiarowym) oraz jego wstępna walidacja.

Doktorant biegle posługuje się opisaną teorią rozpraszania światła na cząsteczkach aerozoli i wykorzystuje opisane w literaturze badania naukowe (jak choćby przywołaną pracę WAT) do rozwoju własnych koncepcji budowy innowacyjnych urządzeń. Przeprowadzony program badań eksperymentalnych, zwieńczony dogłębną analizą niepewności pomiarowych wskazuje jednoznacznie iż jest osobą będącą w stanie prowadzić samodzielną pracę naukową. Przedstawiona koncepcja nowego stanowiska pomiarowego wskazuje, że jest także w stanie projektować aparaturę naukową i eksperymenty naukowe.

## 5 Uwagi o charakterze polemicznym

Po zapoznaniu się z treścią Rozprawy mam kilka uwag o charakterze ogólnym. Poniższe uwagi nie wpływają zasadniczo na moją bardzo wysoką ocenę przedstawionej rozprawy.

Przede wszystkim odczuwam niedosyt związany z przedstawioną analizą literatury. Poza zagadnieniem rozpraszania światła w dymie (które jest fundamentalne dla całej pracy), pozostałe zagadnienia zostały przedstawione nieco pobieżnie. Brakuje mi odniesień do najnowszej literatury tematu, czy przeglądu badań nad właściwościami optycznymi dymu i aerozoli. W ostatniej dekadzie było sporo badań na ten temat i uważam, że praca miała by większą wartość gdyby zawierała takie elementy. Co więcej, uważam, że przedstawione w rozprawie wyniki badań powinny zostać opublikowane w wysokopunktowanych czasopismach naukowych, co nie będzie możliwe bez osadzenia pracy w najnowszej literaturze tematu.

Uważam także, że praca chyba zbyt mocno „skreśliła” w kierunku zastosowania praktycznego (nawet na etapie formułowania tez pracy). Rozdziały 7 – 10 stanowią bez wątpienia duże osiągnięcie Doktoranta, lecz z mojego punktu widzenia, w pracy naukowej oczekiwałbym raczej pogłębionej analizy wpływu czynników na wyniki badań. Zabrakło mi chociażby dyskusji na temat wielkości/kształtu ziarna aerozolu zwodniczego na wartość UV/IR. Próba takiej dyskusji pojawiła się w bardzo ograniczonej formie w rozdziale 7 i nieco pełniejszej we „wniosku 4” z pracy – uważam, że tego typu rozważania powinny stanowić integralną część rozdziału 6 lub 7.

Mam także kilka uwag, o komentarz do których chciałbym poprosić Doktoranta:

- W pracy nie znalazłem informacji na temat średnicy ziaren pyłów używanych jako czynniki zwodnicze. Czy takie pomiary były wykonane, a jeżeli nie, to czy na postawie analizy literatury możliwe jest podanie przybliżonych średnic ziaren?
- Na jakiej podstawie dobierano pyły zwodnicze – tj. chodzi mi o zarówno sam materiał, jak i sposób jego przygotowania (rozdrobnienia).
- W pracy pominięto możliwości związane z pochłanianiem światła w dymie, co zapewne ma związek z zasadą działania wykorzystanego detektora. Niemniej jednak, stosunek natężenia światła pochłoniętego przy różnych długościach fal był w przeszłości wykorzystany w celu identyfikacji „sygnatury” charakterystycznej dla spalania konkretnych materiałów palnych. Czy w ocenie Doktoranta jednoczesne wykorzystanie pochłaniania i rozpraszania było by możliwe, a jeżeli tak, to w jaki sposób mogło by wpłynąć na skuteczność czujnika dymu i przeciwdziałanie czynnikom zwodniczym?
- W pracy nie analizowano przebiegu czasowego zdarzeń, chociaż przy walidacji metody znajduje się odniesienie do czasu detekcji. Czy Doktorant mógłby przybliżyć badania walidacyjne (opisane w rozdziale 8), tj. w jaki sposób stosunek UV/IR zmienia się w czasie badania. Różnice w czasie działania detektorów tradycyjnych i zmodyfikowanych nie wydają się być duże, ale trzeba także zauważyć że ilość czynnika (dymu lub pyłu) nie zmienia się liniowo, a raczej wykładniczo.


- Czy obserwowano jakieś istotne różnice pomiędzy czujkami tego samego typu, które da się przypisać niewielkim różnicom w konstrukcji urządzenia wynikającym z procesu przemysłowej produkcji urządzeń? Pomiar stosunku UV/IR wydaje mi się pomiarem dość precyzyjnym, zastanawiam się na ile urządzenie „z półki sklepowej” jest w stanie sobie z nim poradzić w sposób niezawodny.

## 6 Podsumowanie i wniosek końcowy

Przedstawiona rozprawa doktorska st. bryg. mgr inż. Jacka Antosa pt. „Wpływ wybranych parametrów środowiska na automatyczną detekcję pożaru” jest obszernym i spójnym dziełem, dotyczącym problematyki pomiaru warunków środowiska w dymie pożarowym i mieszaninach pyłowo-powietrznych, w konsekwencji czego możliwe jest zdalne wykrycie zdarzenia pożarowego. Wykorzystując innowacyjną koncepcję pomiaru natężenia światła rozproszonego w pasmach UV i IR, Doktorant opracował metodę pozwalającą na ograniczenie alarmów fałszywych wywołanych wykryciem czynników zwodniczych, charakteryzujących się innym stosunkiem UV/IR niż dym pożarowy. Autor w pracy zrealizował postawione tezy, jak również wyszedł dalej przedstawiając praktyczne zastosowanie swojej innowacyjnej metody. Autor przedstawił także koncepcję nowego stanowiska badawczego do badań nad alarmami fałszywymi.

W kontekście art. 187 Ustawy Prawo o Szkolnictwie Wyższym stwierdzam, że przedstawiona rozprawa doktorska **prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną** kandydata w dyscyplinie oraz **umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej**. Przedmiot pracy – rozpraszanie światła w ośrodkach dyspersyjnych (dym i mieszaniny pyłowo-powietrzne) jest bez wątpienia problemem naukowym właściwym dla dyscypliny **inżynierii środowiska**. Autor **zapropozował jego oryginalne rozwiązanie**. W związku z powyższym, uważam że przedstawiona rozprawa spełnia wymagania Ustawy, **oceniając ją pozytywnie i wnosząc o dopuszczenie Doktoranta do jej publicznej obrony**.

Jednocześnie, z uwagi na wyjątkowo bogaty materiał eksperymentalny przedstawiony w pracy, dużą dbałość o wysoką jakość badań oraz aspekty praktyczne pracy, wnoszę o wyróżnienie pracy.



Dr hab. inż. Wojciech Węgrzyński  
Profesor Instytutu Techniki Budowlanej