

Dr hab. inż. Paweł Wrona, prof. PŚ
Katedra Inżynierii Bezpieczeństwa
Wydział Górnictwa, Inżynierii Bezpieczeństwa
i Automatyki Przemysłowej
Politechnika Śląska, Gliwice

RECENZJA

pracy doktorskiej mgr. inż. Adriana Tomana

**pt.: „Oznaczenie parametrów zapalności i wybuchowości aerozoli cieczy palnych
w oparciu o nową metodę badawczą”**

1. Przedmiot recenzji

Przedmiotem recenzji jest praca doktorska pt.: „Oznaczenie parametrów zapalności i wybuchowości aerozoli cieczy palnych w oparciu o nową metodę badawczą”. Autorem pracy jest mgr inż. Adrian Toman, ubiegający się o stopień doktora nauk technicznych przed Radą Naukową Głównego Instytutu Górnictwa - Państwowego Instytutu Badawczego w Katowicach w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka. Promotorem pracy doktorskiej jest prof. dr hab. inż. Eugeniusz Krause, promotorem pomocniczym jest dr inż. Adam Duda.

Podstawą formalną opracowania recenzji są umowa o dzieło nr NOP/010/04/2025/UCP z dnia 14 kwietnia 2025r. zawarta pomiędzy Głównym Instytutem Górnictwa - Państwowym Instytutem Badawczym w Katowicach a recenzentem oraz pismo nr NOP.6000.24.2025.RN Pwych/2025/05246 z dnia 14 kwietnia 2025r.

2. Ogólna charakterystyka recenzowanej pracy

Recenzowana praca liczy 161 stron. Główna część pracy została zawarta na 155 stronach, pozostałe strony pracy zawierają spis rysunków i tabel w liczbach odpowiednio: 88 rysunków i 14 tabel.

W pracy można wydzielić następujące główne części: teoretyczną i badawczą. W części teoretycznej znajdują się wykaz ważniejszych skrótów i oznaczeń, wprowadzenie, cel, teza i zakres pracy, a także omówienie przeglądu literatury dotyczącej badanego zagadnienia. Część badawcza obejmuje opracowanie metody badawczej aerozoli cieczy palnych, opis aparatury badawczej, weryfikację metody badawczej, opis metody badawczej oraz wyniki

badan wraz z analizą. Praca zakończona jest podsumowaniem i wnioskami w liczbie 10. Spis literatury znajdujący się na końcu pracy doktorskiej jest obszerny i zawiera 129 pozycji. Są wśród nich publikacje naukowe, normy, dyrektywy, rozporządzenia, dokumenty techniczne, a także powołanie na autoreferat (pozycja 30).

We wprowadzeniu (rozdział 1) Doktorant opisuje problematykę związaną z zagrożeniem wybuchowym mieszanin pyłowo-powietrznych, gazowo-pyłowych, gazowych, par cieczy palnych oraz aerozoli. Stwierdza, że „mimo tego, że zagrożenie wybuchem aerozoli zostało zidentyfikowane już wcześniej, wciąż brakuje jednoznacznych wytycznych oraz środków profilaktycznych zapobiegających wybuchom. Skuteczne zapobieganie wybuchom aerozoli oraz wdrażanie odpowiednich środków profilaktycznych wymaga szczegółowej wiedzy na temat ich właściwości zapalnych i wybuchowych”. Następnie przytacza normę ASTM D3065-01, w której zawarto metodykę badań wybuchowości aerozoli dwiema metodami, jednak dodaje, że z uwagi na niewystarczające dane, metody te nie są stosowane. Doktorant uzasadniając wybór tematyki swojej rozprawy doktorskiej nadmienia: „W trakcie wykonywania oceny ryzyka wybuchu pyłu w instalacjach przemysłowych wielokrotnie spotykałem się z problemem występowania aerozoli dla których brak jest wytycznych dotyczących ich wybuchowości. Problem ten występuje również w innych państwach Unii Europejskiej”.

Następnie Autor przytacza cele pracy (rozdział 2).

„Cel poznawczy pracy doktorskiej obejmował opracowanie metody badawczej umożliwiającej oznaczanie podstawowych parametrów zapalności i wybuchowości aerozoli cieczy palnych na autorskim stanowisku badawczym. Istniejące metody badawcze dotyczące wybuchowości pyłów [seria PN-EN 14034] oraz gazów [seria PN-EN 1839] nie uwzględniają aerozoli, dlatego koniecznym jest opracowanie nowych, odpowiednich procedur pomiarowych. Wynikiem tych prac było uzyskanie wartości liczbowych parametrów zapalności i wybuchowości aerozoli cieczy palnych, takich jak oznaczenie:

- maksymalnego ciśnienia wybuchu (p_{max}),
- maksymalnej szybkości przyrostu ciśnienia $(dp/dt)_{max}$,
- dolnej granicy wybuchowości (DGW),
- minimalnej energii zapłonu aerozoli cieczy palnych (MIE).

Cel użytkowy pracy doktorskiej koncentrował się na zastosowaniu opracowanej metody oraz aparatury badawczej dla przeprowadzania oceny ryzyka wybuchu aerozoli na

stanowiskach pracy oraz w otoczeniu instalacji przemysłowych. Opracowana metoda umożliwi dobór odpowiednich systemów zabezpieczających i profilaktyki przeciwwybuchowej, uwzględniających wymogi prawne, w tym dyrektywy Unii Europejskiej. Obecnie żadna norma nie reguluje kryteriów wybuchowości aerozoli.

Postawiona przez Doktoranta teza pracy, stanowiąca osobny rozdział 3, brzmi:

- Zastosowanie sterowanego, krótkiego czasu wytwarzania aerozoli bez dodatkowego medium gazowego prowadzi do bardziej precyzyjnej oceny właściwości zapalnych i wybuchowych aerozoli cieczy palnych.
- Właściwości wybuchowe aerozoli cieczy palnych wykazują zależność od temperatury w której są oznaczane oraz stopnia rozdrobnienia cząstek osiągając różne wartości przy średniej średnicy Sautera w przedziale 10–50 μm .”

W rozdziale 4 Autor omawia podstawy teoretyczne wybuchowości gazów, pyłów i w sposób szczegółowy aerozoli.

W rozdziale 5 Doktorant przedstawia przegląd literatury dotyczący badanego zagadnienia włączając w to: opis niebezpiecznych wypadków związanych z wybuchem aerozoli, przegląd dotychczasowych osiągnięć w tematyce na świecie w tym chronologiczny przegląd metod eksperymentalnych, opis testu palności i wybuchowości według normy ASTM D3065-01, opis testu palności i wybuchowości według wytycznych dyrektywy UE [32008R1272].

W rozdziale 6 Autor przedstawia dobór elementów aparatury oraz opracowaną przez siebie metodologię badań. Opis zawiera: sposób wytwarzania aerozolu, sposobów pomiaru wielkości kropeł aerozolu, wybór źródła zapłonu.

W rozdziale 7 Doktorant przedstawia opis autorskiej aparatury badawczej uwzględniając opis komory badawczej, układ pompowo – wtryskowy, wytwarzanie aerozolu, dobór źródła zapłonu, układ sterowania i kontroli i system pomiarowy.

W rozdziale 8 Autor opisuje weryfikację swojej metody i kalibrację autorskiego układu aparaturowego. Uzyskane wyniki pozwoliły na wyeliminowanie potencjalnych błędów pomiarowych co potwierdziło rzetelność i powtarzalność uzyskanych wyników.

W rozdziale 9 Autor przedstawia dostosowanie nowej metody do możliwości badawczych zbudowanej przez siebie aparatury, a także sposób realizacji celów pracy. W rozdziale występuje struktura zgodna z sekwencją prac: przygotowanie cieczy i jej podanie do lejka, opis funkcji poszczególnych elementów aparatury i procedury postępowania w warunkach niestandardowych, oraz kwantyfikacja kluczowych parametrów zapalności i wybuchowości.

Rozdział 10 zawiera wyniki badań, w tym oznaczanie parametrów wybuchowości $p_{\max}$ i $(dp/dt)_{\max}$ dla wybranych aerozoli, oznaczenie dolnej granicy wybuchowości DGW aerozoli, oznaczenie minimalnej energii zapłonu MIE aerozoli.

Analiza wyników znajduje się w rozdziale 11. W rozdziale 12 przedstawiono wnioski.

Na podstawie celu i tez postawionych w pracy doktorskiej oraz przedstawionych przez Doktoranta wyników badań, analizy oraz wniosków uważam, że temat pracy jest adekwatny do treści w niej zawartych, a zagadnienie w niej rozważane ma znaczenie praktyczne.

3. Ocena pracy

Problematyka wybuchowości aerozoli cieczy palnych była badana przez jednostki naukowo-badawcze od wielu lat, ale jednak ich właściwości palne i mechanizmy powstawania pozostają nie do końca wyjaśnione. Istnieją także normy i aparatura do badania par cieczy palnych, jednak nie wskazano jednoznacznej metody prowadzenia badań zapalności i wybuchowości aerozoli cieczy palnych.

Mając na uwadze powyższe, temat podjęty przez Doktoranta jest ważny, a otrzymanie wyniki mają znaczenie praktyczne.

3.1 Ocena części merytorycznej

O merytorycznej istocie przedstawionej pracy decydują konstrukcja stanowiska badawczego, opracowanie nowej metody badawczej z wykorzystaniem tej aparatury oraz przeprowadzenie wiarygodnych eksperymentów w celu uzyskania jednoznacznych parametrów oceny zagrożenia wybuchem wybranych aerozoli.

Uważam, że Doktorant poprawnie sformułował, a następnie rozwiązał postawiony problem badawczy dlatego **poziom merytoryczny pracy oceniam pozytywnie.**

3.2 Ocena części edycyjnej

Praca jest napisana poprawnym językiem technicznym, zawiera szereg klarownych rysunków i tabel, które są umiejscowione odpowiednich miejscach. Pod kątem graficznym praca nie budzi zastrzeżeń.

Układ pracy mógłby jednak ulec zmianie. Uważam, że jak na bardzo duży wkład własny w konstrukcję i opracowanie własnej metody badawczej przedstawione zostało stosunkowo mało wyników badań. Rozdział „Wyniki badań” rozpoczyna się dopiero na stronie 122 z 161 stron całości pracy.

Niezależnie od powyższej uwagi **poziom edycyjny pracy oceniam pozytywnie.**

4. Uwagi

Przedstawione poniżej uwagi nie umniejszają wartości pracy doktorskiej mają jedynie charakter dyskusyjny i powinny być wyjaśnione podczas obrony pracy i przed kolejnymi publikacjami materiału badawczego.

Uwaga 1 - Doktorant w tezie pracy stwierdza : „Zastosowanie sterowanego, krótkiego czasu wytwarzania aerozoli bez dodatkowego medium gazowego prowadzi do bardziej precyzyjnej oceny właściwości zapalnych i wybuchowych aerozoli cieczy palnych”. Prosiłbym o wyjaśnienie co Doktorant rozumie pod pojęciem „bardziej precyzyjnej” i na podstawie jakiego kryterium dokonał takiej oceny?

Uwaga 2 – Doktorant do badań wybrał cztery substancje: naftę, izopropanol, etanol oraz eter dietylowy. Prosiłbym o uzasadnienie takiego wyboru.

Uwaga 3 – Jak Doktorant zauważa i interpretuje, istnieją różnice w wynikach uzyskanych w komorze 5 dm³ (wyniki przedstawionej pracy doktorskiej) i w komorze 20 dm³ (wyniki uzyskane podczas innych, cytowanych prac). W świetle celów pracy prosiłbym o wyjaśnienie, które z wyników mogą mieć bardziej prawidłowe zastosowanie w praktycznej ocenie ryzyka wybuchem aerozolu w miejscu pracy, zwłaszcza przy zmiennej wilgotności powietrza?

Dodatkowe spostrzeżenia:

- a) Uważam, że wnioski wymagają ponownego opracowania przed późniejszą publikacją materiału. Na przykład wniosek 1 „Inspiracją do opracowania metody badawczej umożliwiającej oznaczanie parametrów zapalności i wybuchowości aerozoli cieczy palnych jest brak obowiązujących norm oraz uregulowań prawnych w tej tematyce. W oparciu o opracowaną metodę zaprojektowałem i skonstruowałem aparaturę do badań zapalności i wybuchowości aerozoli, a uzyskane wyniki badań pozwoliły mi na pełną realizację założonych celów pracy doktorskiej” jest podsumowaniem zakresu pracy, a nie wnioskiem w sensie ścisłym.
- b) Doktorant używa pojęcia „minimalna energia zapłonu”, która w polskiej literaturze fachowej posiada skrót MEZ, a nie pochodzący z języka angielskiego MIE, którą Doktorant stosuje w pracy.

5. Wniosek końcowy

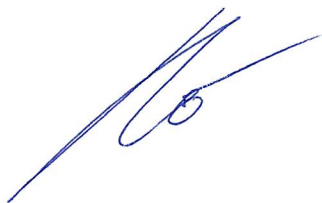
Przedstawione powyżej uwagi krytyczne nie umniejszają wartości pracy doktorskiej, która posiada bardzo duże znaczenie praktyczne. Jej wyniki mogą być przydatne w wielu gałęziach przemysłu przy stosowaniu profilaktyki przeciwwybuchowej.

Doktorant wykazał się umiejętnością stawiania problemów naukowych, prowadzenia badań oraz dokonywania analiz wyników oraz ich weryfikacji. Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska dotyczy dyscypliny naukowej inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka oraz stanowi **oryginalne rozwiązanie problemu badawczego**. Doktorant wykazał się także bardzo dobrym poziomem wiedzy teoretycznej w dyscyplinie naukowej, w której prowadził badania. Mgr inż. Adrian Toman dowiódł tym samym, że spełnia wymagania do otrzymania stopnia naukowego doktora nauk technicznych.

Stwierdzam, że praca doktorska mgr. inż. Adriana Tomana pt. „Oznaczenie parametrów zapalności i wybuchowości aerozoli cieczy palnych w oparciu o nową metodę badawczą” **w pełni odpowiada** warunkom określonym w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (tj. Dz. U. Z 2021r. poz. 478 z późn. zm.) i wnoszę o dopuszczenie jej przez Radę Naukową Głównego Instytutu Górnictwa - Państwowego Instytutu Badawczego w Katowicach do publicznej obrony.

Jednocześnie, biorąc pod uwagę wysoką jakość osiągnięcia naukowego i jego walory użyteczne i naukowe wnioskuję o **wyróżnienie** niniejszej rozprawy. Uważam, że zakres pracy przekracza istotnie średni poziom prac doktorskich w zakresie rangi rozwiązywanego

problemu oraz jakości i zakresu badań. Praca wyróżnia się także oryginalnością zastosowanych metod i narzędzi badawczych, posiada wyjątkowe walory poznawcze i użytkowe.



Gliwice 05.05.2025r.