

Bydgoszcz 4.01.2024 r.

dr hab. inż. Maciej MATUSZEWSKI, prof. PBS  
Politechnika Bydgoska  
Wydział Zarządzania  
Katedra Inżynierii Zarządzania  
al. Prof. S. Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz  
e-mail: matus@pbs.edu.pl, tel. 52 340 88 74

## RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr. inż. Adama NYGARDA, pt.:  
*„Analiza przyczyn nieprawidłowej eksploatacji kotłów wodnych”*.

### 1. Podstawa opracowania

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr. inż. Adama Nygarda, pod tytułem: *„Analiza przyczyn nieprawidłowej eksploatacji kotłów wodnych”*, opracowana została na podstawie zlecenia Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Poznańskiej, prof. dr hab. inż. Jacka Pielechę – pismo RD/544/02/2023 z dnia 8.04.2022 r.

### 2. Struktury pracy

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska pt.: *„Analiza przyczyn nieprawidłowej eksploatacji kotłów wodnych”*, której promotorem jest dr hab. inż. Jarosław Bartoszewicz, prof. PP (promotor pomocniczy dr hab. inż. Rafał Urbaniak), napisana została na 141 stronach zwartego opracowania (z zastrzeżeniem, że numeracja nie zawiera strony 62). Praca zawiera 7 rozdziałów głównych, błędnie ujęto dwa razy rozdział zatytułowany „Teza i cele pracy”, ten rozdział został oznaczony numerem 5 oraz 3. Z uwagi na kolejność i staranność przygotowania rozdziału 3, z większym prawdopodobieństwem można przyjąć, że to jest właściwy rozdział w strukturze pracy. Dodatkowo rozdział oznaczony numerem 5 nie jest ujęty w całościowej numeracji stron pracy. W rozprawie zawarto również wykaz literatury, wykaz najważniejszych skrótów i akronimów stosowanych w pracy, streszczenie w języku polskim i angielskim. Rozprawa jest ilustrowana 183 rysunkami, w tym 139 dotyczy wykresów zawartych w rozdziale, w którym scharakteryzowano wyniki badań. Umieszczono również 52 tabel, z czego 4 dotyczą wyników pracy. Dodatkowo



na końcu pracy jako załączniki, zawarto 13 tabel ze zbiorczymi wynikami. Wykaz literatury zawiera 182 pozycje, w tym zwartych pozycji obcojęzycznych jest 65, tyle samo zwartych jest pozycji w języku polskim, a 52 źródeł to normy, akty prawne, dokumentacje techniczne, materiały reklamowe i strony internetowe. 64 źródeł literatury ma zasięg międzynarodowy, natomiast 118 pozycji zasięg krajowy. Struktura czasowa tych źródeł (z pominięciem norm i aktów prawnych) jest następująca: najliczniejsza grupa źródeł w liczbie 49 zawiera się w przedziale lat 1991-2000, 12 pozycji jest z przedziału 2021-2023, z czego 9 z 2023 roku, co świadczy o rzetelnym i bieżącym przeglądzie literatury. Pozostałe źródła są z lat: 2001-2010 w liczbie 29, 2011-2020 w liczbie 35, a najstarsze pozycje zawierają się w przedziale lat 1984-1990 i jest ich 8 pozycji.

Ogólnie rozprawa napisana jest poprawnie językowo i spełnia wymagania formalne stawiane tego typu pracom. W tekście występują błędy językowe i edycyjne, jednak ich ilość nie wpływa w sposób znaczący na wartość merytoryczną pracy. Terminologia i pojęcia stosowane w pracy ogólnie nie budzą zastrzeżeń. Praca jest kompletna i stanowi logiczną całość. Przyjęty problem badawczy został rozwiązany, w podsumowaniu przedstawiono wnioski użyteczne i praktyczne (bez podziału) oraz wskazano kierunki dalszych badań.

### 3. Charakterystyka i ocena pracy

Całość rozważań w niniejszej pracy doktorskiej dotyczy problematyki analizy niewłaściwej eksploatacji kotłów na paliwo stałe w aspekcie możliwości wykorzystania zaobserwowanych zależności do identyfikacji takiej eksploatacji w warunkach rzeczywistych. Przedmiotową analizę dokonano w oparciu o badania doświadczalne. Jako czynniki zmienne niezależne przyjęto:

- dwa różne kotły wodne na paliwa stałe,
- różne wartości mocy, które były uzyskiwane w wyniku zmiany strumienia masy wody na wlocie do kotła,
- odpady komunalne o zróżnicowanym składzie rodzajowym i masowym.

Natomiast jako zmienne zależne przyjęto czynniki charakteryzujące proces spalania przyjętych do badań odpadów komunalnych, które m.in. mogą posłużyć do identyfikacji niewłaściwej eksploatacji kotłów w warunkach rzeczywistych. Zbiór tych zmiennych tworzą:

- zawartość tlenu w spalinach,
- zawartość tlenku węgla w spalinach,
- temperatura spalin.

W przedstawionej w rozdziale 5 metodyce badań zawarto szerszy zbiór kontrolowanych czynników:

- temperatura wody wylotowej (wypływającej) z kotła  $T_1$  [°C],
- temperatura wody powrotnej (dopływającej) z kotła  $T_2$  [°C],
- temperatura wody na wejściu do wymiennika ciepła schładzającego wodę obiegową kotła  $T_3$  [°C],
- temperatura wody na wyjściu z wymiennika ciepła schładzającego wodę obiegową kotła  $T_4$  [°C],

*A. Arzeński* 2



- temperatura spalin  $T_{\text{spal}}$  [°C],
- zawartość tlenku węgla w spalinach CO [ppm],
- zawartość tlenu w spalinach O<sub>2</sub> [%].

Jednak w wynikach badań nie ma odniesienia do wszystkich wskazanych czynników w metodyce badawczej. Jedyne jest wskazane, że kontrolowano temperaturę wody na wyjściu z kotła (temp.  $T_1$ ) celem stałych warunków pomiarów dla wszystkich prób na poziomie 60°C. Dlaczego w metodyce są ujęte inne temperatury, a w wynikach badań nie ma odniesienia do tych temperatur? W ogóle przedstawiona metodyka badawcza w rozdziale 5, błędnie zatytułowanym „Metodologia badań”, jest mało przejrzysta i byłaby trudna do odtworzenia dla czytelnika. Tytuł rozdziału jest błędny, ponieważ metodologia to nauka o badaniach, a to co zawarł Autor rozprawy, to zasady wykonywania badań, czyli metodyka badawcza.

Jako przykład nieprecyzyjnego przedstawienia metodyki badawczej można podać oznaczenie odpadów przeznaczonych do spalania. W tabeli 5.1 przedstawiono, że do badań przygotowano 6 partii odpadów komunalnych sklasyfikowanych ze względu na rodzaj odpadów – partia nr 1 to tylko tworzywa sztuczne (butelki plastikowe), partia nr 2 to tekstylia (obuwie), natomiast pozostałe 4 to zawsze mieszanina odpadów. Na stronie 66 Autor używa sformułowania, że próbki zostały losowo pobrane z dostarczonej (liczba pojedyncza) partii odpadów. W kolejnym zdaniu jest zawarta charakterystyka odpadu ze względu na skład i jest dokonany podział na 4 grupy. Np. grupa nr 3 to elementy z tworzyw sztucznych, ale np. partia nr 2 zawierała tylko tekstylia, więc skoro partia nr 2 nie zawierała tworzyw sztucznych, to jak próbki z tej partii mogły mieć odpad z 3 grupy? Takie niekonsekwentne opisy ze względu na użyte sformułowania, utrudniają interpretację i zrozumienie przyjętej metodyki badawczej, co czynią ją bardzo trudną w odtworzeniu.

Na rysunku 5.1 przedstawiono momenty rozpoczęcia poszczególnych eksperymentów w zależności od cyklu pracy kotła. Na rysunku przedstawiona jest zależność temperatury wody na wyjściu z kotła w funkcji czasu. Jak zinterpretować ciągły przebieg tej funkcji w zależności od cyklu pracy kotła? Z jednej strony Autor w podpisie rysunku zaznacza, że są różne cykle (nie wyjaśniając co należy przyjąć za cykl pracy), a przebieg funkcji na rysunku jest jeden. Temperatura wody w funkcji czasu zmienia się zawsze tak samo, niezależnie jaki jest cykl (rozpalanie, podtrzymanie, praca, automatyczny, ręczny)?

Z wykresu przedstawionego na rysunku 5.1, wynika, że partie odpadów były spalane jednocześnie i dostarczane do kotła w tym samym czasie. Dopiero analizując wyniki można wywnioskować, że poszczególne odpady były spalane sekwencyjnie.

Z opisanej metodyki nie wiadomo również jak ustosunkować się do innych czynników mogących mieć wpływ na przebieg spalania (np. temperatura dostarczanego powietrza, temperatura otoczenia i związany z nią odbiór ciepła, siła i czas nadmuchu podczas spalania). Czy uwzględniono jakieś czynniki jako zmienne stałe czy zakłócenia?

Model badawczy w pracy doktorskiej nie został jednoznacznie opisany w rozdziale temu poświęconym (rozdział 5), ani sformalizowany w ujęciu schematycznego powiązania czynników: niezależnych, zależnych i stałych. Dopiero zapoznając się z wynikami badań (rozdział 6) można zinterpretować sposób postępowania przy poszczególnych eksperymentach, z uwagi na zawarte tam opisy.

M. Awaszki:



Z opisanego postępowania w eksperymentach zawartego w rozdziale związanym z wynikami, można przyjąć, że Doktorant potrafi samodzielnie zaplanować i zrealizować badania naukowe.

Niniejsza dysertacja stanowi nowatorskie i samodzielne rozwiązanie problemu naukowego w przyjętym zakresie, czego odzwierciedleniem są rozważania Autora w poszczególnych rozdziałach pracy.

Pierwszy rozdział pracy stanowi charakterystykę problematyki gospodarki odpadów w gospodarstwach domowych (s. 6-44). W podrozdziale 1.1 jako uzasadnienie istotność omawianej problematyki, Autor opisuje skalę problemu ze względu na aspekty środowiskowe. W dalszej części rozdziału obszernie charakteryzuje rodzaje odpadów (podrozdział 1.2) oraz produkty gazowe będące wynikiem spalania. Można mieć zastrzeżenia do przejrzystości charakteryzowanych treści z uwagi na ich układ strukturalny. Trudno jednoznacznie przyjąć co jest częścią czego, co jest nadrzędne co podrzędne. Brakuje usystematyzowania tych treści, np. na str. 21 jest opis produktów spalania w tłokowym silniku spalinowym bez wyraźnego powiązania z wcześniejszymi treściami. Dlaczego uznano, że należy opisać spalanie w tłokowych silnikach spalinowych? Z powodu ich powszechności? Na str. 35 tabelę 1.22, zawarto na końcu treści akapitu, w którym opisywano aspekty związane z popiołem (tabela bez związku z przedstawianymi treściami). Dopiero czytając kolejne treści zawarte od nowego akapitu, można wywnioskować związek tabeli z treściami. Całość rozważań teoretycznych tego rozdziału kończy przedstawienie aktualnych wymogów prawnych związanych z ochroną środowiska w aspekcie problematyki pracy.

W rozdziale drugim (s. 45-51), zatytułowanym „Stan wiedzy” dokonano oceny aktualnego stanu wiedzy na temat spalania odpadów komunalnych w aspekcie analizy produktów spalania. Autor obszernie opisuje osiągnięcia badawcze z zakresu analizy przetwarzania odpadów komunalnych na energię oraz z zakresu współspalania odpadów komunalnych z paliwami różnego pochodzenia. Doktorant wskazuje, że z uwagi na prawny zakaz spalania w gospodarstwach domowych odpadów komunalnych w kotłach na paliwo stałe, brakuje rzetelnych informacji naukowych ujmujących analizę produktów spalania tych odpadów.

W kolejnym rozdziale (s. 52-53) o tytule „Teza i cele pracy”, przedstawiono genezę pracy i wskazano zadania pracy. Autor podkreśla istotny udział spalania niskiej jakości paliw stałych oraz współspalania odpadów w sektorze komunalnym w dużej emisji zanieczyszczeń do atmosfery. Artykułuje skalę problemu dla Polski i wskazuje przyczyny nieskuteczności kontroli prawidłowości eksploatacji kotłów wodnych na paliwa stałe, pomimo obostrzeń prawnych. Konkluzją charakterystyki uwarunkowań i sposobu przebiegu czynności kontroli prawidłowości eksploatacji kotłów jest stwierdzenie, że koniecznością jest opracowanie skutecznej metody identyfikacji niewłaściwej eksploatacji kotłów wodnych do spalania paliw stałych. Metoda ta powinna umożliwiać m. in.: stałe monitorowanie prawidłowej eksploatacji kotłów, sprawdzanie „historii” eksploatacji kotła, wykrywanie spalania odpadów bez ingerencji w pracę kotła. Na tej podstawie zaproponowano tezę badawczą w formie



pytania: „Możliwe jest opracowanie procedury pozwalającej na identyfikację niewłaściwej eksploatacji kotła na paliwo stałe opartą o analizę zawartości tlenu w emitowanych spalinach?” Zakończenie tezy znakiem zapytania jest błędem. Teza jest stwierdzeniem, które się udowadnia. To z góry założona prawidłowość np. procesu, zachodzących zależności, którą badacz stara się udowodnić. Zakończenie tezy znakiem zapytania świadczy, że nawet sam Autor ma wątpliwości co do słuszności swoich przypuszczeń. W tym rozdziale Doktorant jednoznacznie wskazał jaki przyjął problem badawczy – uzyskanie wiedzy do opracowania procedury umożliwiającej identyfikację niewłaściwej eksploatacji kotła na paliwo stałe. Wskazał jakie należy przyjąć i zrealizować zadania badawcze w celu rozwiązania problemu badawczego i wniesienia nowej wiedzy do danej dyscypliny naukowej. Gdyby nawet teza badawcza nie została sformułowana, to przedstawiony opis problemu naukowego i sposób jego rozwiązania jest wystarczający w aspekcie wymagań stawianych pracom doktorskim.

Rozdział czwarty – „Budowa stanowiska pomiarowego” (s. 54-61) zawiera opis stanowiska badawczego oraz charakterystykę przyjętych do badań kotłów. Trudno jednoznacznie stwierdzić czy stanowisko badawcze należy traktować jako oryginalne autorskie osiągnięcie Doktoranta. W pracy zawarto informację, że „głównym elementem badawczym stanowiska badawczego był zaprojektowany system pomiarowy ...”, jest opis tego systemu, ale nie wiadomo czy jest to indywidualne osiągnięcie Doktoranta. Natomiast nie ma wątpliwości, zgodnie z zawartą deklaracją Autora, że oryginalnym indywidualnym osiągnięciem jest opracowanie procedury pomiarowej z zastosowaniem środowiska numerycznego ADAMView. W rozdziale tym Autor opisuje również zastosowane do badań dwa analizatory spalin. Scharakteryzowano dosyć szerokie możliwości pomiarowe w zakresie m.in. możliwych do kontroli parametrów, zakresu pomiarowego i dokładności. W przeprowadzonych badaniach kontrolowano trzy parametry: zawartość tlenu i tlenku węgla w spalinach oraz temperaturę spalin. Niestety w pracy nie zawarto uzasadnienia wyboru tych parametrów. Nasuwa się pytanie o kryteria (istotność) wyboru tych parametrów w aspekcie szerokiej możliwości analizatorów w zakresie możliwej kontroli parametrów jakości procesu spalania.

Kolejny rozdział – piąty – zatytułowany „Metodologia badań” zawiera w zasadzie metodykę badań (s. 63-65). Ocena treści tego rozdziału została już zawarta w niniejszej recenzji na początku niniejszego punktu.

Rozdział zawierający efekty badań własnych Autora, to rozdział szósty (s. 66-118) zatytułowany „Wyniki badań”. Na wstępie tego rozdziału dokonano ogólnej analizy odpadu komunalnego przyjętego do badań – zawartości wilgoci, części lotnych, popiołu oraz oceniono ciepło spalania. Przedstawiony opis grup składników nie koresponduje z opisem odpadów przedstawionym w rozdziale piątym, dotyczącym metodyki badawczej – co zostało już wskazane w niniejszej recenzji na początku tego punktu. W dalszej części zawarto wyniki badań analitycznych z podziałem na rodzaj kotła (dwa kotły) i wartość mocy (trzy wartości) z jaką pracował kocioł. Najpierw analizując każdy wariant wynikający z przyjętego planu badań, zawarto ocenę zmian

*M. Tyrczeski*



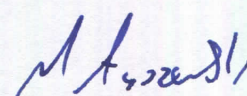
wartości przyjętych zmiennych zależnych podczas pracy kotła przy wykorzystaniu paliwa zaleconego przez producenta. Następnie analizowano zmiany wartości kontrolowanych parametrów podczas niewłaściwej eksploatacji kotła, czyli spalając przygotowane odpady komunalne. Zachodzące zmiany obserwowano przez 3600 sekund, dążąc do utrzymywania stabilnej temperatury wody na wyjściu z kotła na poziomie 60°C. Zaobserwowane zmiany Autor przedstawia w postaci wykresów i odnosi się do tych zmian w ramach własnych spostrzeżeń. Wszystkie wyniki zostały przedstawione na 139 wykresach i 14 tabelach. Zakres uzyskanych wyników niewątpliwie jest bardzo obszerny i satysfakcjonujący, dostarcza niezbędnych informacji w przedmiocie badań, jednak interpretacja tych wyników przez Autora sprowadza się tylko do „suchych” spostrzeżeń. Dopiero w podsumowaniu, które jest ujęte jako rozdział siódmy (s. 119-121), Doktorant rozszerza spostrzeżenia o wnioski na podstawie zaobserwowanych zmian. Niedosyt budzi brak próby uogólnienia tych spostrzeżeń oraz krytycznej oceny zaobserwowanych zmian w aspekcie całego przyjętego zakresu badawczego. Autor zresztą sam przyznaje w podsumowaniu, że „przedstawione wyniki badań dają podstawy do metody identyfikacji nieprawidłowej eksploatacji urządzeń grzewczych w warunkach rzeczywistych”. Tak więc, takiej próby skompilowania zaobserwowanych zmian i opracowania choćby uproszczonego narzędzia – ogólnej metody identyfikacji nieprawidłowej eksploatacji kotłów w pracy nie ma. Osiągnięcia pracy to uzyskanie wiedzy w przyjętych zakresach badawczych do opracowania procedury umożliwiającej identyfikację niewłaściwej eksploatacji kotła na paliwo stałe.

#### 4. Konkluzja

Podsumowując stwierdzam, że przyjęte do realizacji w rozdziale 3 cele pracy, zostały osiągnięte. Efektem rozprawy doktorskiej i jednocześnie głównym osiągnięciem Doktoranta, jest dokonana ocena, na podstawie badań doświadczalnych, zmian wartości parametrów określających stan nieprawidłowej eksploatacji kotłów wodnych na paliwo stałe. Zdiagnozowanie na podstawie badań, zachodzących prawidłowości i relacji istotnie poszerza wiedzę przede wszystkim o jakości procesu spalania w kotłach. Ważnym elementem dysertacji w aspekcie osiągnięć Doktoranta jest również opracowanie oryginalnej autorskiej procedury pomiarowej z zastosowaniem środowiska numerycznego ADAMView.

Analizując dokonania Doktoranta (w szczególności opisane w rozdziale 6) uważam, że są one jego indywidualnym i oryginalnym dorobkiem. Potrafi On samodzielnie realizować badania naukowe, formułować na ich podstawie prawidłowe spostrzeżenia i wnioski oraz rozumie i dostrzega konieczność ich użytecznych celów.

**Stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr. inż. Adama NYGARDA, pt.: „Analiza przyczyn nieprawidłowej eksploatacji kotłów wodnych”, spełnia wymagania zawarte w Ustawie Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce z dn. 20 lipca 2018 roku (Dz. U. z 2023 r. poz. 742 z późn. zmianami), i wnoszę do Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Poznańskiej**





**o dopuszczenie Pana Adama Nygarda do dalszych etapów postępowania doktorskiego, w tym publicznej obrony rozprawy doktorskiej.**

*Annaeli Majij*