

**Recenzja rozprawy doktorskiej mgr. inż. Krzysztofa Drożdżola  
„Analiza parametrów technologiczno-użytkowych w wielowarstwowych  
cienkościennych kominach stalowych”**

Podstawa formalna: Umowa o dzieło nr 13/WBiA/17

**1. Charakterystyka rozprawy doktorskiej**

Zasadnicza część rozprawy doktorskiej o objętości 126 stron składa się z siedmiu rozdziałów i spisu literatury. W rozprawie zamieszczono załącznik o objętości 4 stron oraz streszczenie w języku polskim i angielskim.

We Wstępie (rozdział 1) Doktorant omówił zagadnienia wykorzystania ognia na ziemi i odprowadzania spalin od okresu homo erectus do czasów współczesnych. Następnie przedstawił statystyki przyczyn powstawania pożarów w Polsce i zagranicą z uwzględnieniem pożarów spowodowanych wadami kominów oraz obowiązujący system normalizacyjny dotyczący badań właściwości użytkowych kominów. Przytacza ogólne uwagi dotyczące produkcji i zużycia energii cieplnej.

Jako przedmiot pracy Doktorant podaje:

1. Doświadczalną i teoretyczną analizę możliwości wykorzystania izolacyjnej warstwy powietrza w kominach, jako czynnika wpływającego na sprawność energetyczną i bezpieczeństwo pożarowe konstrukcji komina.
2. Zastosowanie symulacji komputerowej do wyznaczania rozkładu temperatury w trójwarstwowym, stalowym kominie cienkościennym i doświadczalną weryfikację obliczeń oraz próbę ustalenia możliwości odzyskiwania ciepła z warstwy powietrza.
3. Ocenę przydatności tego typu badań i analiz teoretycznych do projektowania i, jak pisze Doktorant, do stworzenia podstaw opracowania wytycznych projektowania kominów.

Jako zasadnicze cele pracy Doktorant wymienia określenie parametrów fizykochemicznych, a w szczególności temperatury warstwy powietrza oraz ocenę wpływu płaszcza powietrza na sprawność energetyczną i bezpieczeństwo pożarowe podczas eksploatacji trójwarstwowego cienkościennego przewodu kominowego oraz podaje w jaki sposób zostanie osiągnięty cel pracy.

W tym samym rozdziale Doktorant podaje tezy i zakres pracy doktorskiej. Przyjęte tezy są następujące:

1. Warstwa powietrza w cienkościennych trójwarstwowym kominach stalowych zwiększa ich sprawność energetyczną poprzez odzysk ciepła ze spalin, a także poprawia bezpieczeństwo pożarowe.

2. Opracowany model obliczeniowy komina w programie Flo EFD oparty na metodzie CFD z pełnym opisem charakterystyk materiałowych i przepływowych pozwala określić rozkład wartości temperatury w trójwarstwowych cienkościennych kominach stalowych.

W ostatnim punkcie Wstępu Doktorant wymienia elementy pracy stanowiące oryginalny dorobek w stosunku do dotychczasowych publikacji, tj.:

- ustalenie parametrów fizycznych i wieloparametryczna analiza spalin i powietrza w poszczególnych warstwach komina,
- ocena parametrów izolacyjnych komina,
- wykorzystanie metody CFD do wyznaczania pola temperatury w kominie,
- analiza możliwości odzyskiwania części ciepła z ogrzewanej warstwy powietrza,
- wyznaczenie ilości ciepła możliwego do odzyskania na podstawie wyników badań w skali naturalnej.

Rozdział 2 „Przegląd literatury związanej z tematem pracy” obejmuje znacznie szerszy obszar tematyczny niż zakres dysertacji oraz wymagania dotyczące kominów podane w przepisach techniczno-budowlanych. Jak podkreśla Doktorant wykonane dotychczasowe badania nie obejmują badań termicznych i analiz numerycznych CFD cienkościennych kominów trójwarstwowych. Stąd z analizy dostępnych publikacji nie wynikają żadne wnioski dotyczące merytorycznej treści dysertacji.

Rozdział 3 „Opis modelu badawczego komina, badania wstępne i certyfikacyjne”. W rozdziale Doktorant podał parametry techniczne modelu badawczego w skali naturalnej, opis stanowiska do badań, dane techniczne i rozmieszczenie sprzętu pomiarowego, przebieg i wyniki badań wstępnych oraz pomiarów geometrycznych, szczelności i badań wytrzymałościowych, które nazwał badaniami certyfikacyjnymi. Badania wstępne przeprowadzono w celu ustalenia warunków brzegowych do modelu obliczeniowego CFD. Wyniki tzw. badań certyfikacyjnych potwierdziły zgodność parametrów technicznych modelu z wymaganiami podanymi w odpowiednich normach PN-EN.

Budowa modelu była następująca:

- wysokość 4,80 m,
- średnica przewodu spalinowego z blachy stalowej kwasoodpornej 0,6 mm; 150 mm,
- średnica przewodu ograniczającego przepływ powietrza z blachy ocynkowanej 0,5 mm; 200 mm (grubość warstwy powietrza 25 mm),
- izolacja z włókien glinokrzemianowych  $\lambda = 0,14$  W/mK o grubości 25 mm,
- płaszcz zewnętrzny o średnicy 250 mm.

Komin został wyposażony w otwór do pomiaru przepływu spalin i powietrza oraz analizy spalin.

W rozdziale omówiono szczegółowo aparaturę pomiarową oraz warunki badań. Termopary do pomiarów temperatury spalin umieszczono na wlocie i wylocie komina. Termopary do pomiarów temperatury przewodów i płaszczu zewnętrznego umieszczono w trzech przekrojach położonych na wysokościach: 1,90, 2,90 i 4,30 m po 3 termopary na przewodach i płaszczu zewnętrznym rozmieszczone na rurach co około  $120^{\circ}$ .

Ponadto temperaturę płaszcza sprawdzano za pomocą przenośnego miernika wyposażonego w termopary. Do oceny pola temperatury stosowano także kamerę termowizyjną.

Zastosowana aparatura pomiarowa została szczegółowo scharakteryzowana.

W ramach badań wstępnych dokonano pomiarów temperatury spalin na wylocie komina przy wartościach temperatury spalin na wlocie (przypuszczalnie) 100, 200, 300, 400, 1000°C oraz prędkości przepływu spalin i powietrza przy wartościach temperatury na wlocie (przypuszczalnie) 100, 200, 300, 400°C. Na tej podstawie wyznaczono w sposób przybliżony masowy przepływ spalin.

Rozdział 4. „Analiza numeryczna rozkładu wartości temperatury w kominie z wykorzystaniem metody CFD.” W rozdziale tym Doktorant omawia model matematyczny, który jest podstawą obliczeń numerycznych, warunki brzegowe i początkowe, zasady tworzenia trójwymiarowej siatki obliczeniowej oraz przedstawia szczegółowo wyniki obliczeń.

Rozdział 5. „Zasadnicze badania doświadczalne komina trójwarstwowego”. Doktorant przedstawił szczegółowo wyniki badań wcześniej scharakteryzowanego modelu komina wg programu podanego w rozdziale 3 oraz podaje obliczenia sprawności energetycznej komina jako wymiennika ciepła.

W rozdziale zostały podane wyniki badań i symulacji pożaru sadzy (temperatura spalin 1 000°C) oraz przebieg temperatury powierzchni konstrukcji drewnianej oddalonej o 25 mm od płaszcza komina. Badania te nazywa Doktorant badaniami kominów w podwyższonej temperaturze i badaniami termicznymi.

W rozdziale 6 „Porównanie wyników badań i obliczeń numerycznych” Doktorant omówił i przedstawił w formie graficznej różnice między wynikami badań i obliczeń. Różnice wartości temperatury warstwy powietrza sięgają 60%, przy czym wyższe wartości otrzymano z pomiarów. Różnice temperatury przewodu spalinowego i płaszcza zewnętrznego są stosunkowo niewielkie.

W rozdziale 7 „Podsumowanie i wnioski” zgodnie z tytułem Doktorant podsumował syntetycznie uzyskane wyniki. Stwierdził, że wymienione w rozdziale tezy rozprawy doktorskiej zostały udowodnione i podał wnioski praktyczne dotyczące cienkościennych kominów trójwarstwowych.

Spis literatury zawiera 83 pozycje.

W załączniku Autor podał szczegółowe dane techniczne aparatury pomiarowej.

## **2. Podstawowe uwagi**

Podstawowe moje uwagi dotyczą kompozycji, języka a w szczególności dyscypliny sformułowań. Przytoczę jeden przykład ze str12, p.1.5 „Celem badań jest określenie parametrów fizyko-chemicznych, a w szczególności temperatury przenikającej...”. Otóż temperatura nie jest parametrem i nie przenika; nie można jej mylić z ciepłem. Parametry fizyczne komina podano w rozdziale 3 oraz określono na podstawie badań nazwanych przez Doktoranta badaniami certyfikacyjnymi. Parametrów chemicznych nie określono. Nie jest to zresztą potrzebne. Tego rodzaju swobodnych sformułowań jest wiele.

Inne uwagi:

- Punkty 1.1,1.2, 1.3 są rodzajem uzasadnienia pojęcia pracy – obszerne cytaty z przepisów są zbędne.
- W punktach 1.4 (Przedmiot pracy), 1.5 Zasadnicze cele pracy) i 1.6 znajdują się obszerne fragmenty dotyczące p. 1.7 (Zakres pracy doktorskiej).
- Redakcja rozdziału 5 jest co najmniej niezręczna. W poszczególnych punktach Doktorant podaje: wyniki badań, badania kominów w podwyższonej temperaturze (dotyczy pożaru sadzy), badania termiczne, badania doświadczalne. Otóż wszystkie te badania są badaniami w podwyższonej temperaturze.
- Doktorant niepotrzebnie badania zgodności parametrów technicznych komina z wymaganiami podanymi w normach PN-EN nazywa badaniami certyfikacyjnymi. Certyfikacja to jest zupełnie odrębny proces.
- Doktorant nazywa gazami spaliny i powietrze; spaliny są aerozolem.
- Uważam, że w pracy badawczej nie powinno się formułować tez do udowodnienia, lecz problem naukowy lub techniczny do rozwiązania. Wprawdzie udowodnienie tezy budzi podziw dla przenikliwości badacza, ale i wątpliwości dotyczące obiektywizmu. W obecnej wersji Ustawy dotyczącej stopni i tytułu naukowego nie podano konieczności sformułowania tezy pracy doktorskiej.
- W rozdziale 3 Doktorant podał treści należące do różnych obszarów. Badania wstępne przeprowadzono, aby określić warunki brzegowe modelu matematycznego, którego jeszcze nie ma, podczas, gdy pozostałe części dotyczą zbudowanego modelu fizycznego, aparatury pomiarowej, zgodności badanego komina z wymaganiami podanymi w normach PN-EN. oraz stanowiska badawczego.
- Nie są dla mnie jasne rysunki zamieszczone w p. 6.2 Analiza wyników badań i obliczeń. Z rys. 3.2 wynika, że mierzono temperaturę przewodów i płaszcza. Na rysunkach zamieszczonych w p. 6.2 podano w opisach „warstwy komina” i wyniki pomiarów pomiędzy rurami. Skąd te wyniki?

### 3. Ocena merytoryczna

Doktorant podjął ważną technicznie i społecznie problematykę konstrukcji kominów i możliwości odzyskiwania ciepła odprowadzanego przez spaliny.

Za najważniejsze osiągnięcia naukowe Autora pracy uważam:

- projekt i budowę stanowiska do badań jakościowych i ilościowych przepływu ciepła w kominie trójwarstwowym,
- wykonanie dobrze udokumentowanych badań laboratoryjnych,
- opracowanie trójwymiarowego modelu numerycznego przepływu ciepła oraz analizę numeryczną i eksperymentalną pól temperatury w kominie trójwarstwowym,

- wykazanie, że komin trójwarstwowy może być wykorzystany jako wymiennik ciepła,
- możliwość praktycznego wykorzystania wyników analiz do konstruowania kominów trójwarstwowych z przestrzenią powietrzną.

Pewnym niedostatkim pracy jest brak oceny niepewności pomiarów, co jest niezbędne do pełnej walidacji modelu obliczeniowego.

Badania temperatury drewna mają znaczenie drugorzędne, ponieważ temperatura zapalenia drewna wynosi około 300<sup>0</sup>C. Nagrzanie płaszcza do temperatury około 100<sup>0</sup>C nie spowoduje zapalenia drewna nawet w przypadku, gdyby bezpośrednio przylegało do płaszcza.

#### 4. Wniosek końcowy

Po szczegółowym zapoznaniu się z rozprawą doktorską mgr. inż. Krzysztofa Drożdżola zatytułowaną „Analiza parametrów techniczno-użytkowych w wielowarstwowych cienkościennych kominach stalowych” wykonaną pod kierunkiem dr. hab. inż. Wojciecha Anigacza, prof. PO stwierdzam, że Doktorant przedstawił oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, wykazał ogólną wiedzę w zakresie metod mechaniki komputerowej płynów oraz umiejętnością samodzielnego prowadzenia badań naukowych.

Praca spełnia wymagania podane w Ustawie z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki.

W związku z tym stawiam wniosek o dopuszczenie rozprawy do obrony publicznej.



Mirosław Kosiorek