

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Krzysztofa Drożdżola

p.t.: „Analiza parametrów technologiczno-użytkowych w wielowarstwowych cienkościennych kominach stalowych”

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż. Krzysztofa Drożdżola opracowana została na podstawie uchwały Rady Wydziału Budownictwa i Architektury Politechniki Opolskiej z dnia 6 lipca 2017 r. Recenzja zawiera:

1. ogólną charakterystykę rozprawy,
2. charakterystykę tematu oraz celu pracy,
3. ocenę rozwiązania przez Autora problemu naukowego,
4. uwagi i kwestie dyskusyjne,
5. ocenę rozprawy doktorskiej,
6. wnioski końcowe.

1. Ogólna charakterystyka rozprawy

Recenzowana praca, której promotorem jest dr hab. inż. Wojciech Anigacz – prof. PO a promotorem pomocniczym dr hab. inż. Damian Bęben – prof. PO obejmuje 132 strony tekstu. Podzielona jest na 7 rozdziałów nie licząc spisu treści, spisu cytowanej literatury, załączników oraz streszczenia w języku polskim i angielskim. W rozprawie Autor cytuje 83 pozycje – są to głównie artykuły w krajowych i zagranicznych czasopismach naukowych, materiały konferencyjne, pozycje książkowe, monografie i poradniki, a także normy, rozporządzenia oraz informacje ze źródeł internetowych.

W **rozdziale 1** Autor dokonał wprowadzenia w problematykę stanowiącą temat recenzowanej rozprawy doktorskiej. M.in. przedstawił krótki rys historyczny rozwoju techniki grzewczej i kominowej. Następnie przeprowadził analizę przyczyn pożarów powstałych w budynkach, których źródło tkwiło w przewodach kominowych, przedstawił syntetyczną ocenę stanu prawnego w zakresie wymagań jakie muszą spełniać kominy i scharakteryzował główne czynniki determinujące ich efektywność cieplną. Na tej podstawie uzasadnił celowość podjęcia tematyki rozprawy w aspekcie poprawy bezpieczeństwa pożarowego oraz

zwiększenia sprawności cieplnej układów grzewczych. Jako główne cele wyznaczył sobie ocenę możliwości wykorzystania izolacyjnej warstwy powietrznej w kominach jako czynnika wpływającego na ich sprawność energetyczną i bezpieczeństwo pożarowe, analizę możliwości odzysku ciepła z warstwy powietrznej przy wykorzystaniu metody symulacji komputerowej CFD (zweryfikowanej w oparciu o wyniki eksperymentalne uzyskane na modelu pełnoskalowym) oraz ocenę przydatności tego typu działań do projektowania konstrukcji kominowych. Dla potrzeb realizacji tych celów określił szczegółowe zadania badawcze w zakresie badań eksperymentalnych oraz symulacji komputerowych. Na tej podstawie sformułował tezy swej rozprawy. Dla sformułowanych tez przedstawił koncepcję oraz szczegółowy program badań umożliwiającą ich weryfikację. Program ten obejmował m.in.: wyznaczenie warunków brzegowych i początkowych oraz opracowanie założeń dla przeprowadzenia analiz CFD, sporządzenie modelu obliczeniowego 3D dla komina trójwarstwowego i przeprowadzenie analiz symulacyjnych, budowę pełnoskalowego modelu analizowanego komina oraz weryfikację wyników symulacji komputerowej w oparciu o wyniki pomiarów przeprowadzonych na tym modelu. Na zakończenie Autor scharakteryzował poznawcze i aplikacyjne znaczenie uzyskanych wyników oraz wskazał innowacyjne elementy przeprowadzonych badań i analiz.

W **rozdziale 2** Autor zamieścił przegląd literatury związanej z tematyką rozprawy. W przeglądzie tym uwzględnił 34 pozycje literaturowe, zarówno krajowe jak i zagraniczne. Rozdział ten zakończony został wnioskami wynikającymi z przeprowadzonego przeglądu. Do najistotniejszych zaliczyć należy konstatację o nieznaności zjawisk występujących w kominach trójwarstwowych co jest wynikiem braku stosownych badań i analiz w tym zakresie, szczególnie z uwzględnieniem specyfiki klimatycznej i paliwowej naszego kraju.

W **rozdziale 3** Autor scharakteryzował wykorzystany do badań wstępnych i zasadniczych komin testowy, przedstawił stanowisko do badań ogniowych komina oraz opisał wyposażenie pomiarowe i metodykę badań. W dalszej części opisał przygotowanie stanowiska, badania wstępne przepływów i temperatur spalin i powietrza oraz ocenę bezpieczeństwa eksploatacji komina tj. sprawdzenie: wymiarów, wytrzymałości na ścislenie kształtki i podpór, stabilności komina w warunkach symulujących działanie wiatru oraz szczelności przewodu. Do tych badań wykorzystał metody znormalizowane.

W **rozdziale 4** Autor definiuje warunki brzegowe i początkowe oraz przedstawia metodykę symulacji komputerowych opartą na numerycznych obliczeniach dynamiki przepływu płynów (CFD). Opisuje też proces utworzenia siatki obliczeniowej oraz sposób interpretacji wyników obliczeń CFD. W dalszej części prezentuje w formie tabelarycznej i graficznej otrzymane wyniki obliczeń symulacyjnych dla wprowadzanych do komina spalin o różnych temperaturach, tj.: 100, 200, 300 i 400 °C. W oparciu o wartości wyznaczonych temperatur w wybranych punktach układu analizuje zachowanie się badanego systemu

kominowego w aspekcie jego bezpieczeństwa pożarowego. Rozdział kończą wnioski dotyczące m.in. możliwości poprawy bezpieczeństwa i sprawności energetycznej komina.

W **rozdziale 5** Autor przedstawił i omówił wyniki zasadniczych badań eksperymentalnych komina trójwarstwowego. Badania te obejmowały pomiary rozkładu temperatur w badanym kominie przy zasilaniu go spalinami o temperaturze: 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700 i 1000 °C. Dodatkowo wykonano pomiary: prędkości przepływu w przewodzie spalinowym i powietrznym, ciśnienia statycznego oraz analizy składu spalin. Wyniki pomiarów temperatury przedstawiono w formie tabelarycznej oraz graficznej a wyniki pomiarów i obliczeń pozostałych parametrów w formie tabelarycznej. W oparciu o te wyniki Autor ocenił sprawność cieplną (poprzez wyznaczenie wartości 3 wariantów współczynnika tej sprawności) oraz wyznaczył tzw. współczynnik temperatury komina. Szczegółowej analizie poddał wyznaczone rozkłady temperatur w kominie oraz sprawność cieplną scharakteryzowaną współczynnikiem η_3 wg wzoru (5.8). W dalszej części przedstawił wyniki badań i analiz symulacyjnych komina w podwyższonej temperaturze w aspekcie jego bezpieczeństwa pożarowego (wg PN-EN 1859). Badania te przeprowadzone dla 3 temperatur (500, 700 i 1000 °C) obejmowały ocenę oddziaływania termicznego komina na sąsiadujące z nim materiały łatwopalne oraz próby szczelności komina po przeprowadzonych testach. Analizy symulacyjne umożliwiły wyznaczenie rozkładu temperatur w poszczególnych fragmentach systemu kominowego. Autor zaproponował rozwiązanie (zastosowanie przestrzeni powietrznej) mające na celu poprawę bezpieczeństwa pożarowego systemu kominowego, którego skuteczność potwierdził przeprowadzając odpowiednie analizy obliczeniowe. Ponadto dla przypadku temperatury awaryjnej (1000 °C) za pomocą kamery termowizyjnej zlokalizował miejsca na obudowie komina o najwyższej temperaturze.

W **rozdziale 6** Autor dokonał porównania wyników badań eksperymentalnych prototypowego komina z wynikami jego obliczeń symulacyjnych CFD. Porównanie to przedstawił dla rozpatrywanych przypadków prezentując (w formie graficznej i tabelarycznej) różnice wyników pomiarów i obliczeń temperatur w wybranych punktach pomiarowych układu. Skrupulatnie przeprowadzona analiza występujących różnic nie budzi zastrzeżeń, choć nasuwa się pewna uwaga. Ocena dokładności modelu symulacyjnego oparta na porównaniu różnic temperatur w wybranych punktach układu jest co prawda uzasadniona z punktu widzenia analizy bezpieczeństwa pożarowego, to jednak z punktu widzenia oceny efektywności cieplnej układu ocena modelu winna opierać się na porównaniu poszczególnych pozycji bilansu cieplnego wyznaczonych w oparciu o dane pomiarowe i obliczeniowe CFD. Ta uwaga zostanie szerzej przedstawiona w dalszej części recenzji.

W **rozdziale 7** Autor w sposób syntetyczny podsumował przeprowadzone badania eksperymentalne i obliczenia symulacyjne CFD oraz ich wyniki. Na tej podstawie podał 6 końcowych wniosków o charakterze poznawczym oraz 3 wnioski o istotnym znaczeniu

aplikacyjnym. Wnioski te zostały sformułowane w sposób prawidłowy i zostały w odpowiedni sposób uzasadnione w oparciu o wyniki wykonanych badań i analiz. Na zakończenie wykorzystując wiedzę i doświadczenia nabyte w trakcie realizacji pracy Autor wskazał kierunki i tematy przyszłych badań w zakresie problematyki swojej rozprawy doktorskiej.

2. Charakterystyka tematu oraz celu pracy

Tematyka pracy posiada bardzo istotne znaczenie praktyczne. Funkcjonowanie systemów odprowadzania spalin determinuje bezpieczeństwo użytkowników urządzeń grzewczych (m.in. zagrożenie pożarowe, niebezpieczeństwo zatrucia tlenkiem węgla) a także ma wpływ na efektywność wykorzystania paliw i emisję zanieczyszczeń. Warto podkreślić, iż Polska należy do wiodących w Europie producentów nowoczesnych systemów kominowych. W tej sytuacji należy podkreślić, że udział prac badawczych oraz publikacji naukowych poświęconych tej tematyce nie jest adekwatny ani do znaczenia tej tematyki ani pozycji krajowych producentów na rynku tych systemów.

Jako podstawowe cele pracy Autor wyznaczył:

- ocenę możliwości wykorzystania izolacyjnej warstwy powietrznej w kominach wielowarstwowych jako czynnika wpływającego na sprawność cieplną i bezpieczeństwo pożarowe prototypowego komina w oparciu o badania na modelu pełnoskalowym oraz symulacyjne obliczenia komputerowe z wykorzystaniem metody CFD,
- wyznaczenie rozkładu temperatur w przekrojach podłużnych i poprzecznych trójwarstwowego cienkościennego komina stalowego metodą symulacji komputerowej CFD celem ustalenia możliwości odzysku ciepła z warstwy powietrznej,
- weryfikację wyników symulacji komputerowej i pomiarów eksperymentalnych na modelu komina w skali 1:1 celem oceny przydatności opracowanego modelu komputerowego jako narzędzia do projektowania tego typu urządzeń.

Dla potrzeb realizacji tych celów Autor określił szczegółowe zadania w zakresie badań eksperymentalnych oraz symulacji komputerowych. Specyfikacja tych zadań zamieszczona została w rozdziale 1 a ich realizacja pozwoliła na weryfikację tez rozprawy doktorskiej sformułowanych w następujący sposób:

- *warstwa powietrzna w cienkościennych trójwarstwowym kominach stalowych zwiększa ich sprawność energetyczną poprzez odzysk ciepła ze spalin a także poprawia bezpieczeństwo pożarowe;*
- *opracowany model obliczeniowy komina w programie FloEFD oparty na metodzie CFD z pełnym opisem charakterystyk materiałowych i przepływowych pozwala określić rozkłady wartości temperatury w trójwarstwowym cienkościennych kominach stalowych.*

W konkluzji stwierdzam, że zdefiniowane przez Autora cele rozprawy jak też wynikające z nich zadania badawcze są prawidłowe a zastosowana metodyka pomiarowa i obliczeniowa a także analityczna stanowi jego oryginalne podejście do rozpatrywanego problemu naukowego. Stanowi to zarazem wkład Autora w rozwój dyscypliny naukowej, której poświęcona jest rozprawa doktorska. Przedstawione w rozprawie zagadnienia naukowe sprecyzowane zostały w sposób zrozumiały, poddane krytycznej analizie a sformułowane na tej podstawie wnioski posiadają istotny walor zarówno poznawczy jak i aplikacyjny.

3. Ocena rozwiązania przez Autora problemu naukowego

Problem naukowy zdefiniowany został przez Autora rozprawy w rozdziale 1. W tym też rozdziale Autor podał sposób jego rozwiązania. Obiekt badań, tj. prototypowy system kominowy scharakteryzowany został w rozdziale 3. Uzyskane wyniki i ich interpretacja przedstawione zostały w rozdziałach 4÷6. Sformułowane na ich podstawie wnioski przedstawił w rozdziale 7.

Dla potrzeb weryfikacji tez naukowych swej pracy Autor opracował koncepcję pięcioetapowych badań obejmujących:

- ocenę bezpieczeństwa modelu badawczego tj. certyfikację systemu kominowego (Etap 1);
- badania wstępne ukierunkowane na pozyskanie danych niezbędnych dla prowadzenia symulacji komputerowych (Etap 2);
- symulacje komputerowe CFD pozwalające na określenie rozkładu temperatur na powierzchni poszczególnych ścian systemu kominowego (Etap 3);
- badania zasadnicze pozwalające określić efektywność energetyczną badanego systemu kominowego (Etap 4);
- ocenę bezpieczeństwa pożarowego badanego systemu kominowego (Etap 5).

W pracy Autor wykorzystał następujące narzędzia badawcze:

- w zakresie symulacji komputerowych oraz prezentacji otrzymanych wyników: oprogramowanie FloEFD 10 1.0 oraz oprogramowanie SolidWorks 2010 SP 2.0;
- w zakresie badań eksperymentalnych: umieszczone w komorze do badań stanowisko badawcze składające się z:
 - modelu trójwarstwowego cienkościennego komina stalowego w skali 1:1;
 - generatora spalin;
 - infrastruktury pomiarowej (mierniki temperatury, analizator spalin, miernik przepływu i ciśnienia, kamera termowizyjna).

Zarówno koncepcję badań jak też ich metodykę oraz wykorzystane narzędzia badawcze należy uznać jako prawidłowe. Do oryginalnych osiągnięć Autora należy zaliczyć:

- 1) wyznaczenie wartości parametrów fizycznych spalin i powietrza w poszczególnych warstwach komina oraz ocena parametrów izolacyjnych poszczególnych jego warstw, w tym powietrznej warstwy izolacyjnej,
- 2) opracowanie numerycznego modelu komputerowego CFD dla potrzeb analizy przepływów oraz wymiany ciepła w trójwarstwowym cienkościennym kominie stalowym,
- 3) wykazanie przydatności metody CFD dla potrzeb modelowania przepływów i wymiany ciepła w wielowarstwowym układach kominowych pod kątem oceny ich bezpieczeństwa eksploatacyjnego i efektywności energetycznej,
- 4) potwierdzenie w skali pełnoskalowego modelu komina możliwości odzysku części ciepła z ogrzewanej warstwy powietrznej komina oraz opracowanie metodyki pozwalającej na wyznaczenie ilości tego ciepła.

Zdobytą w trakcie realizacji pracy wiedzę i doświadczenia Autor wykorzystał do wskazania kierunków i tematów przyszłych badań w zakresie problematyki swojej rozprawy doktorskiej.

Mając na względzie powyższe osiągnięcia należy stwierdzić, że uzyskane przez Autora wyniki stanowią istotny wkład do istniejącej wiedzy w zakresie techniki kominowej.

4. Uwagi i kwestie dyskusyjne

Uwagi dotyczące recenzowanej rozprawy podzielono na dwie grupy, tj. kluczowe uwagi merytoryczne i kwestie dyskusyjne oraz pozostałe uwagi (głównie drobne pomyłki i błędy edytorskie). Ta druga grupa uwag nie wymaga ustosunkowania się Autora, ale może mu być przydatna w przypadku przyszłej publikacji wyników pracy.

Kluczowe uwagi merytoryczne i kwestie dyskusyjne

1. Jako obiekt swych badań i analiz Autor wybrał trójwarstwowo cienkościenny komin stalowy. Nie negując słuszności należy jednak zwrócić uwagę na niedostateczne uzasadnienie tego wyboru w oparciu o analizę zalet i możliwości aplikacji tego typu komina w stosunku do innych rozwiązań. Brak w tekście kompletnego schematu proponowanego rozwiązania komina (pokazującego całą drogę spalin i powietrza) sprawia, że musimy wierzyć słowom Autora, że wzrost temperatury powietrza ochładzającego komin daje możliwość odzysku ciepła (patrz strona 36 – wiersz 8 od dołu). Brakuje też informacji, kto jest autorem rozwiązania konstrukcyjnego i producentem prototypowego komina będącego obiektem badań.
2. W symulacjach CFD Autor analizuje temperatury w 27 punktach pomiarowych zlokalizowanych na trzech kondygnacjach komina. Na każdej z tych kondygnacji po trzy punkty zlokalizowane były na powierzchniach: przewodu spalinowego, przewodu

powietrznego oraz płaszcz zewnętrznego. Wybór punktów dla płaszcz zewnętrznego jest oczywiście uzasadniony z punktu widzenia oceny bezpieczeństwa pożarowego kominu tym niemniej analizowanie temperatury spalin i powietrza na powierzchni przewodów w aspekcie wymiany ciepła i efektywności cieplnej kominu jest dyskusyjne, gdyż pominięcie temperatury spalin i powietrza w obu przewodach wyeliminowało możliwość walidacji modelu w tym właśnie obszarze. Czym spowodowane było pominięcie przepływu spalin i powietrza wpływającego na proces wymiany ciepła w kominie a przez to na rozkład temperatur na poszczególnych badanych powierzchniach? Tym bardziej, że pomiary przepływów zostały uwzględnione na etapie badań wstępnych i badań zasadniczych? Ponadto w rozdziale 4 dot. analizy rozkładu temperatur w kominie z wykorzystaniem modelowania CFD Autor nie podaje informacji charakteryzujących rodzaj przepływu spalin i powietrza (choćby tylko wartości liczby Reynoldsa). Informacja o typie modelu turbulencji, który Autor wybrał do swoich obliczeń znajduje się dopiero w podsumowaniu pracy. Brak też informacji na temat jakości siatki obliczeniowej.

3. Dla potrzeb oceny pracy badanego układu kominowego Autor skoncentrował się na temperaturze w wybranych punktach pomiarowych. Można to oczywiście uzasadnić głównym celem pracy jakim była ocena bezpieczeństwa pożarowego kominu tym niemniej dla oceny procesów cieplnych oraz sprawności cieplnej tego typu obiektów przedmiotem analizy winien być pełny bilans cieplny układu. Szczególnie widoczne jest to w przypadku informacji zawartej w „Podsumowaniu”, że: „gazy przepływające przewodem powietrznym ogrzały się nawet o 1268 %”. Ocena procesów cieplnych za pomocą procentowych zmian temperatury raczej nie jest stosowana w tego typu analizach – wyrażony w procentach przyrost temperatury nie uwzględnia bowiem wszystkich aspektów procesu wymiany ciepła (m.in. wielkości strumieni przepływających gazów, ich składu i właściwości). Zależy natomiast od przyjętej wartości odniesienia (w tym przypadku było to 19 °C) a ponadto nie daje pełnej informacji o efekcie cieplnym analizowanego zjawiska czy procesu. Analiza bilansu cieplnego pozwala na pełniejsze wyjaśnienie zachodzących zjawisk, co znacznie ułatwia optymalizację parametrów konstrukcyjnych i eksploatacyjnych analizowanego układu.
4. Dla oceny sprawności cieplnej badanego systemu kominowego w rozdziale 5 Autor zaproponował 3 wersje współczynników tej sprawności (wzory 5.5, 5.7 i 5.8) oraz tzw. współczynnik temperatury (wzór 5.9 wg PN-EN 308). Wartości tych współczynników dla badanych przypadków pracy kominu zawiera tabela 5.4. Jednak w dalszych analizach Autor wykorzystuje tylko współczynnik sprawności η_3 (wg wzoru 5.8). Nie negując słuszności wskazanym byłoby jednak krótkie uzasadnienie tego wyboru w kontekście różnego sensu fizycznego tych współczynników.

5. Jeden z istotnych wniosków wypływających z badań i analiz przeprowadzonych przez Autora dotyczy możliwości odzysku ciepła z trójwarstwowego systemu kominowego. Brak jednak szczegółowej informacji, ile tego ciepła można odzyskać i jaki może być jego udział w bilansie cieplnym rozpatrywanego systemu kominowego. Przedstawiając stosowne bilanse ciepła łatwiej byłoby też wytłumaczyć przyczyny wzrostu sprawności cieplnej komina ze wzrostem temperatury wprowadzanych do niego spalin.

Pozostałe uwagi

1. Strona 10 – wiersz 6 od góry: jest: „energia konwencjonalna”; winno być: „energia ze źródeł konwencjonalnych”.
2. Strona 12 – wiersz 4 od góry: jest „na obliczeniowej mechanice płynów”; winno być: „na obliczeniowej numerycznej mechanice płynów”.
3. Strona 12 – wiersz 13 od dołu: złe sformułowanie, bo temperatura jest funkcją stanu a zatem trudno mówić o jej przenikaniu; tę ostatnią zdolność posiada natomiast ciepło.
4. Strona 13 – wiersz 4 od góry: jest „odzysku energii cieplnej”; ma być: „odzysku ciepła” (ciepło jest jedną z form energii stąd potocznie używany termin „energia cieplna” w przypadku pracy naukowej nie jest właściwy).
5. Strona 17 – wiersze 10 ÷ 11 od dołu: temperatura posiada „wartość” a nie „wysokość”.
6. Strona 24 – 14 od góry: jest: „z piecyków gazowych”; winno być: „z gazowych grzejników wody przepływowej”.
7. Strona 25 – wiersz 11 od dołu: złe sformułowanie, mogące sugerować, że zagrożenie może wynikać z samego tylko faktu zatrzymania urządzenia.
8. Strona 25 – wiersze 3 ÷ 4 od dołu: niewłaściwe sformułowanie: „mieszkania o niskiej przepuszczalności powietrza” – chodzi zapewne o „ograniczony napływ powietrza do mieszkania”.
9. Strona 36 – wiersz 5 od góry: niejasne sformułowanie: „spaliny i gaz ?? w części powietrznej odprowadzane były...”.
10. Strona 36 – wiersz 8 od dołu: niezbyt szczęśliwe sformułowanie: „możliwość odzysku do powtórnego wykorzystania”.
11. Strona 36 – 8 od góry: niejasne sformułowanie: „bezwładność odprowadzanych gazów”.
12. Strona 40 – wiersze 5 ÷ 8 od góry: dlaczego do analizy wybrano tylko te wyniki pomiarów temperatury, których wartości były najbardziej zbliżone do wielkości zakładanej na wlocie spalin. Ponadto o jaką niedokładność chodzi w kolejnym zdaniu?
13. Strona 42 – wiersz 7 od góry – brak informacji czego temperaturę mierzy to urządzenie.
14. Strony 45 ÷ 46 - tabele 3.4 ÷ 3.6: nie podano jakich warunków dotyczą podane w tych tabelach wartości prędkości przepływu [m/s], strumieni [m³/h] i gęstości [kg/m³].
15. Strona 46 – wzór (3.1): nie podano, jakiego rodzaju są to średnie.

16. Strona 51 – wiersz 4 od dołu: nieodpowiednie sformułowanie: „wywołano nadciśnienie”.
17. Strona 52: w trakcie edycji rozprawy chyba zginęła z tej strony część tekstu.
18. Strona 53 – 6 od dołu: zamiast: „rozkład pola prędkości” czy „rozkład pola ciśnienia” winno być: „rozkład prędkości”, „rozkład ciśnienia”.
19. Strona 56 – jest „siatka deskretyzacyjna”; ma być: „siatka dyskretyzacyjna”.
20. Strona 73 – Tabela 5.3: wątpliwości może budzić bardzo wysoka wartość λ dla wlotowej temperatury spalin 200°C.
21. Strona 81 – wiersz 14 od góry: niewłaściwy termin: „ciepło wymiennika”.
22. Strona 81 – wiersz 9 od dołu: jest „strumień spalin...” ma być: „strumień ciepła...”.
23. Strona 82 – błędna postać wzoru (5.5).
24. Strona 82 – w wyjaśnieniu symboli we wzorach 5.3÷5.6: odpowiedniejszym terminem niż: „strumień ciepła w układzie gdzie ...” byłby termin: „zmiana entalpii fizycznej spalin, powietrza ...”. Ponadto w przypadku temperatury wyrażonej w °C symbolem jest „t” a nie „T” (ta ostatnia uwaga dotyczy też tabeli 5.6 na stronie 93).
25. Strona 85 i dalsze: Autor nie podaje, za pomocą którego zaproponowanego wcześniej wskaźnika ocenia sprawność cieplną komina.
26. Strona 88 – wiersz 14 od góry; niezrozumiały termin: „emisyjność ciepła z generatora spalin”. Na tej stronie jest też niewłaściwe sformułowanie: „oddziaływanie temperaturą” – oddziaływać można „ciepłem” a nie „temperaturą”.
27. Strona 102 – wiersz 12 od dołu: niejasne co Autor ma na myśli pisząc o „zapamiętywaniu” bieżących parametrów cieplnych?
28. Strona 117 – wiersz 14 od góry: podany zakres sprawności energetycznej badanego komina nie powinien obejmować wartości współczynników obliczanych na podstawie różnych wzorów.

Przedstawione uwagi nie wpływają na ogólnie wysoką ocenę zarówno merytorycznej wartości jak i jej edytorskiej strony recenzowanej pracy. W niczym nie umniejszają też osiągnięć jej Autora. Ich uwzględnienie może jednak zwiększyć potencjał publikacyjny rezultatów wykonanych badań i analiz.

5. Ocena rozprawy doktorskiej

Po zapoznaniu się z recenzowaną rozprawą stwierdzam, że jej Autor w sposób prawidłowy i zrozumiały sformułował cele pracy, opracował niezbędną dla ich osiągnięcia metodykę i program badań a postawione przed nim zadania rozwiązał w sposób nie budzący zastrzeżeń. Wykorzystał właściwie dobrane metody naukowe zarówno eksperymentalne jak i obliczeniowe. Tym samym Autor osiągnął zamierzony cel naukowy, tj. udowodnił tezy naukowe swojej pracy.

Zakres wiedzy Autora jak też jej dogłębność w zakresie dyscypliny naukowej której dotyczy recenzowana praca należy uznać jako wysoki zarówno w obszarze teorii jak też aplikacji. Na podkreślenie zasługują spore już kompetencje merytoryczne zarówno w zakresie problematyki urządzeń grzewczych i układów odprowadzania spalin jak też numerycznych metod opisu dynamiki przepływu płynów (CFD).

Autor rozprawy wykazał także, że posiadał umiejętność samodzielnego planowania i prowadzenia badań naukowych, jak również opanował technikę prezentacji wyników badań oraz pisania prac naukowych.

6. Wnioski końcowe

Rozprawa doktorska mgr inż. Krzysztofa Drożdżola p.t.: „*Analiza parametrów technologiczno-użytkowych w wielowarstwowych cienkościennych kominach stalowych*” **spełnia ustawowe wymagania dotyczące rozpraw doktorskich** zawarte w art. 13 Ustawy o stopniach i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14.03.2003 r. (Dz.U. Nr 65, poz.595 z późniejszymi zmianami). Stanowi bowiem oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, wykazuje ogólną wiedzę teoretyczną kandydata a także umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. W związku z tym **wnioskuje o dopuszczenie mgr inż. Krzysztofa Drożdżola do publicznej rozprawy doktorskiej.**

Równocześnie wnioskuję o wyróżnienie recenzowanej pracy. Wniosek ten opieram na następujących przesłankach:

- podjęta przez Autora tematyka wielowarstwowych cienkościennych kominów stalowych posiada ważne znaczenie w obszarze aplikacyjnym gdyż ich funkcjonowanie decyduje o bezpieczeństwie użytkowników a także efektywności energetycznej układów grzewczych. Tematyka ta jest też szczególnie istotna w kontekście pozycji jaką na rynku zajmują krajowi producenci tego typu systemów,
- w aspekcie poznawczym podjęta tematyka posiada innowacyjny charakter o czym świadczy fakt nieadekwatnej ilości prac badawczych i publikacji do jej praktycznego znaczenia a uzyskane przez Autora wyniki stanowią istotny wkład do istniejącej wiedzy w tym zakresie,
- Autor wykazał iż posiada umiejętność stosowania nowoczesnych narzędzi informatycznych dla rozwiązywania praktycznych zadań z zakresu techniki kominowej.

