

Kraków, dnia 14.02.2020 r.

Prof. dr hab. inż. Roman Kinasz

Katedra Geomechaniki, Budownictwa
i Geotechniki
Wydział Górnictwa i Geoinżynierii
Akademia Górniczo-Hutnicza
im. Stanisława Staszica w Krakowie

R e c e n z j a

rozprawy doktorskiej mgr inż. **Renaty Kłaput** pod tytułem:
**„Wpływ szerokości szczelin w ściankach bocznych tunelu aerodynamicznego na
wynik badań modelowych”**

1. Przedmiot i podstawa opracowania

Niniejsza recenzja dotyczy rozprawy doktorskiej mgr inż. **Renaty Kłaput** pt. **„Wpływ szerokości szczelin w ściankach bocznych tunelu aerodynamicznego na wynik badań modelowych”** wykonanej pod kierunkiem **prof. dr hab. inż. Andrzeja Flagi** z **Politechniki Krakowskiej**. Podstawą opracowania recenzji jest zlecenie Dziekana Wydziału Inżynierii Lądowej Politechniki Krakowskiej z dnia 17.12.2019 r.

2. Podstawowe dane o pracy

Praca składa się z dziewięciu rozdziałów zakończonych spisem literatury oraz streszczeniem w języku polskim i angielskim. Całość materiału przedstawiono na 129 stronach. Praca zawiera 41 wzorów, 126 rysunków, 29 tabel oraz przyłącza 45 pozycji literatury. Wzory, rysunki oraz tabele numerowane są w ramach rozdziałów.

3. Główne założenia i zakres pracy

Recenzowana praca składa się z dziewięciu rozdziałów merytorycznych oraz z wniosków końcowych (rozdział 9), a także uzupełnionych spisem literatury. Praca zilustrowana została licznymi rysunkami oraz tabelami. Brak tradycyjnie otwierającego pracę Wstępu do pracy.

Rozdział 1 pracy (**Cel i zakres pracy**) (1,2 strony) stanowi wstęp do tematu badania wpływu szerokości szczelin w ściankach bocznych tunelu aerodynamicznego na wynik badań modelowych. Krótko omówiono aktualny stan wiedzy w zakresie badań efektu blokady przepływu powietrza w tunelu aerodynamicznym.

Rozdział 1 zazwyczaj kończy się omówieniem struktury pracy (w recenzowanej pracy nie spotkałem tego).

W **Rozdziale 2 (Tezy pracy doktorskiej)** pracy (0,2 strony) sformułowano dwie tezy pracy doktorskiej:

D Z I E K A N A T	
Wydziału Inżynierii Lądowej	
Wpłynęło dnia.	17.02.2020
L. dz.	10.510.3.5.2020
podpis.	<i>namya</i>

1. Zastosowany układ kierownic pozwala uzyskać jednorodny rozkład prędkości wiatru na wlocie do tunelu aerodynamicznego; warunki wiatrowe można następnie dowolnie zmieniać w przestrzeni pomiarowej w celu uzyskania pożądanego średniego rozkładu prędkości wiatru i turbulencji przepływu.

2. Istnieje bardzo duży wpływ szerokości szczelin ścianek bocznych na strukturę warstwy przyściennej i efekt blokady przepływu; dla danych klas zagadnień udaje się dobrać właściwe szerokości szczelin, minimalizujące zniekształcenia zjawisk opływu i w konsekwencji oddziaływania przepływającego strumienia powietrza na rozkłady ciśnienia wiatru oraz siły aerodynamiczne.

W Rozdziale 3 (Pole prędkości wiatru w warstwie przyziemnej) (7 stron, 1 rysunek, 4 tabeli) na podstawie analizy literatury podano również zebrane przez autora szczególnie wartościowe, niezbędne do modelowania w tunelu aerodynamicznym podstawowe charakterystyki określające strukturę wiatrów silnych w warstwie przyziemnej.

W Rozdziale 4 (Niektóre kryteria podobieństwa) (4 strony, 5 rysunków) przeanalizowano także zagadnienia związane z podstawowymi kryteriami podobieństwa modelowania przepływu oraz przy projektowaniu budowli.

W Rozdziale 5 (Tunel aerodynamiczny Politechniki Krakowskiej i użyta w badaniach aparatura) (6 stron, 7 rysunków, 1 tabela) omówiono metodę badań w tunelu aerodynamicznym Politechniki Krakowskiej wg której przeprowadzono pomiary: prędkości przepływu strumienia powietrza, przebiegów czasowych ciśnienia prędkości (dynamicznych) przepływu powietrza działającego na powierzchnie badanych modeli oraz sił i momentów aerodynamicznych za pomocą sześcioskładnikowej wagi aerodynamicznej.

W Rozdziale 6 (Badania przepływu powietrza na wlocie tunelu aerodynamicznego przy użyciu jednostopniowego układu kierownic) (8 stron, 14 rysunków, 1 tabela) omówiono metodę i przedstawiono wyniki przeprowadzonych badań strumienia przepływu powietrza w tunelu aerodynamicznym. Przeanalizowano wyniki wykonanych pomiarów: na wlocie do tunelu aerodynamicznego, na wlocie do przestrzeni pomiarowej oraz w przestrzeni pomiarowej przy typowej szerokości szczelin ścianek bocznych.

Najistotniejszym fragmentem pracy są rozdziały 7 i 8, w których przedstawiono wyniki własnych badań struktury strumienia w tunelu aerodynamicznym przy różnych szerokościach szczelin ścianek bocznych, trzech kategoriach chropowatości terenu, bez modelu i z dwoma modelami o różnej zabudowie oraz efektu blokady przepływu w przestrzeni pomiarowej tunelu aerodynamicznego.

W Rozdziale 7 (Badania struktury wiatru w tunelu aerodynamicznym przy różnych szerokościach szczelin ścianek bocznych, trzech kategoriach chropowatości terenu, bez modelu i z dwoma modelami o różnej zabudowie) (45 stron, 54 rysunków, 8 tabel) przedstawiono metodę i wyniki przeprowadzonych badań podstawowym celem, których było ustalenie wpływu szerokości szczelin ścianek bocznych na pionowy profil przepływu powietrza i poziom turbulencji. Badania przeprowadzono dla przestrzeni pomiarowej bez modelu oraz dla przestrzeni pomiarowej z umieszczonymi dwoma modelami o małej i dużej zabudowie, powodującymi przysłonięcie przestrzeni pomiarowej.

W **Rozdziale 8 (Efekt blokady przepływu)** (46 stron, 44 rysunków, 15 tabel) omówiono metodę i wyniki przeprowadzonych badań, które wykazały duży wpływ szerokości szczelin w ścianach bocznych na współczynnik oporu aerodynamicznego. Ustalono, że wartość tego współczynnika wzrasta dla dużych modeli, w których współczynnik blokady wynosi 15%, a wzrost ten spowodowany jest ograniczeniem przestrzeni między badanym modelem a ścianami bocznymi. Wpływa to na prędkość opływu wokół badanego modelu, a stąd na mierzone parametry.

W **Rozdziale 9 (Wnioski końcowe)** (2 strony) przedstawiono główne wnioski końcowe z przeprowadzonych badań, które stanowią odpowiedzi na postawione tezy rozprawy.

W pracy nie zaproponowano dalszych kierunków badań naukowych autorki rozprawy doktorskiej.

Następnie przedstawiono **spis literatury** który zawiera 45 pozycji, w tym specjalistyczne opracowania oraz wykorzystane Normy.

4. Uwagi językowe

Praca zawiera stosunkowo niewiele błędów językowych, niezręcznych sformułowań, usterek literowych, itp. Do nielicznych niedociągnięć należy zaliczyć:

- pominięte numery rysunków, litery (str. 13, 20, 29, ..., 117 i inne),
- brak podpisów do rysunku 8.4 na s.83 oraz tytułu do tabeli 5.1 na s. 23,
- w podpisach do rys. 8.41 (str. 120) – podano dwa różne rysunki pod jednym numerem,
- stosowanie małych zamiast dużych liter (str. zaznaczyłem w tekście pracy),
- brak spisu ważniejszych symboli i oznaczeń na początku pracy, który ułatwiłby czytanie pracy,
- niestosownie użyto niektóre terminy: „wiatr w tunelu aerodynamicznym” – przepływ, strumień przepływu powietrza (dotyczy całej pracy); „pole przekroju modeli” lub „przekrój poprzeczny” (rozdział 8) zamiast średnica lub szerokość np. walca czy płyty płaskiej.

Zauważone błędy stylistyczne i redakcyjne oraz w tytułach tabel i rysunków, a także w opisie rysunków zaznaczyłem w tekście pracy.

5. Uwagi szczegółowe

1. W przeglądzie literatury (faktycznie to rozdział 3 i 4 oraz początek rozdziału 6, a także podrozdziały 8.1 (Wprowadzenie – 3 strony) i 8.2 (Przegląd literatury dotyczącej zjawiska blokady przepływu – niecałe 2 strony), a także 8.3 (Metody korelacji - 0.2 strony) dokonano selektywnego wyboru prac o tematyce badań modelowych w tunelu aerodynamicznym. Brakuje jednak bardziej szczegółowego omówienia niektórych prac o konstrukcjach istniejących tunelach aerodynamicznych i metodach badań.

Te podrozdziały można byłoby umieścić na początku Pracy doktorskiej jako osobny rozdział np. (Przegląd literatury i aktualnego stanu wiedzy w zakresie analizowanej tematyki).

2. Na końcu pracy przedstawiono spis literatury polskiej i zagranicznej oraz norm i przepisów. Cytowana w pracy literatura mogłaby, moim zdaniem, być rozszerzona o doświadczenia badaczy krajowych oraz ze wschodniej Europy (np., DBN Ukrainy oraz SNIIP w Rosji), a także USA i Kanady.

3. Wykonano błędne odwołanie się do źródeł Literatury poz. [6], [7] i [8] na str.12 i 13, skoro źródła w wykazie literatury nie są ponumerowane, a w wykazie umieszczono np. dwie publikacje Dawenporta A.G. na 14 i 15 miejscu.

Przy czym, w podrozdz. 8.2 na str.80 przeprowadzona analiza wyników badań ze źródeł których nie umieszczono w Wykazie literatury zamieszczonego na końcu Pracy (np. Know D.K. i Choi (1998) czy Laneville A. (2008)). Jak również błędne odwołanie się do poz. [30] na str.81, skoro źródła w wykazie nie są ponumerowane.

Mimo tych uwag wybór zaprezentowanych prac należy ocenić jako właściwy, reprezentatywny i wystarczający.

4. Rozdział 3. Pole prędkości wiatru w warstwie przyziemnej zawiera podrozdział 3.1. Podstawowe charakterystyki określające strukturę wiatrów silnych w warstwie przyziemnej w którym jest 7 punktów (w tym krótkie wprowadzenie). Wprowadzenia później występują jeszcze dwa razy w rozdziale 8, zamiast podać jako jeden początku Pracy.

Brak krytycznej analizy istniejących (dostępnych) wyników badań w tym zakresie.

5. Pewnym niedociągnięciem, moim zdaniem, jest to, że autorka pomija w analizie dostępne w publikacjach informacje o tunelach aerodynamicznych i przeprowadzanych badaniach w nich, chociażby w Polsce (Politechnika Warszawska, Politechnika Rzeszowska, Instytut Lotnictwa w Warszawie), a także w innych krajach (Francja, Kanada, Norwegia, Ukraina i in.).
6. W rozdziale 4 na rys. 4.2 na s.15 przedstawiono: Wpływ turbulencji na oderwanie warstwy przyściennej w zakresie podkrytycznym i nadkrytycznym. Należałoby, moim zdaniem, dodać zagadnienia związane z zjawiskiem generacji ścieżki wirowej von Karmana.
7. Potrzebne wyjaśnienia jak dokonano podziału modeli o małej i dużej zabudowie?
8. Przedstawiony w Rozdziale 7 (podrozdział 7.1) opis charakterystyki przeprowadzonych badań i sytuacje pomiarowe należałoby wzmocnić podrozdziałem „Planowanie oraz program badań eksperymentalnych (eksperymentu *ang. experimental design*)”. Ponieważ kluczową rolę w rozwoju nowoczesnych metod planowania eksperymentu zaczynają odgrywać systemy inteligentne wywodzące się z obszaru inżynierii systemów inteligentnych (*ang. Intelligent Systems Engineering*). Powstała koncepcja drugiej generacji planów eksperymentu (2GD), tzw. planów inteligentnych eksperymentu (akronim: InDE).

Ta uwaga dotyczy również rozdziału 8 (podrozdział 8.4 Badania modelowe w tunelu aerodynamicznym współczynników oporu aerodynamicznego na powierzchniach zewnętrznych modeli wyznaczone z siły oporu).

9. Przy planowaniu badań struktury wiatru w tunelu aerodynamicznym przy różnych szerokościach szczelin ścianek bocznych nie uwzględniono przypadku bez szczelin jako punkt odniesienia.
10. Mało czytelne w rozdz. 7 rys.7.17-7.50 od s.49 do s.71 co utrudnia wykonanie analizy porównawczej wyników badań aerodynamicznych. Większość tych rysunków można byłoby umieścić w załącznikach na końcu pracy.
11. Trudnym do wykonania zadaniem może być porównanie wartości współczynników ciśnień dla badanych modeli na podstawie rysunków podanych w rozdziale 8 (rys.8.41"-8.44) przy analizie ilościowej.
12. W rozdz.8 Badania modelowe w tab.8.1 (s. 82) podano wymiary modeli D – to średnica w mm, a nie przekrój modeli.
13. Na rys.8.4 (s.83), nie opisano szczegółowo widoków modeli (co widzimy na rysunkach po stronie lewej a co po stronie prawej).
14. Czy wszystkie badane w tunelu modele były ustawione na pomoście jezdny i na statywie (porównaj rys.8.8 i rys.8.18, rys.8.20 oraz rys.8.22)?
15. Część modeli ustawiono bezpośrednio na pomoście jezdny wg schematów na rys.8.4 i in., a inna na pomoście jezdny i czterech podporach (patrz rys. 8.4). Do tego, dla modeli walca sekcijnego zamontowano płyty brzegowe (tarcze) oraz ustawiono je na podporach, a dla modeli walców pełnych brak tak płyt brzegowych (tarczy) jak i podpór (patrz rys. 8.4 na str.83). Różni się odległość górnej części modeli do sufitu przestrzeni pomiarowej (ta odległość waha się w przedziale od 390 do 640mm czyli różnica prawie 65%). Czy takie odmienne ustawienie modeli w tunelu aerodynamicznym miało wpływ na wyniki badań?
16. W trakcie przeprowadzenia badań w tunelu aerodynamicznym modeli zmieniano współczynniki blokady: 5 i 15%; 4,1 i 11,7% oraz 15%. Czy można uważać takie różne warunki za porównywalne?
17. Na podstawie czego powstał wniosek, że: „Wykorzystując pojęcia unormowanych funkcji korelacji wyznaczone skale długości korelacji fluktuacji będące pewnymi miarami wielkości porywów prędkości wiatru w przestrzeni, dobrze korespondują z wynikami badań w naturze”? O jakich „wynikach badań w naturze” mowa?
18. Z pracy nie wynika jak otrzymane rezultaty badań pozwolą na ocenę błędów pomiarowych oraz uproszczą projektowanie modeli do badań w tunelach aerodynamicznych. Na tej podstawie można będzie opracować wytyczne, które będą wykorzystywane przy symulacji oddziaływania wiatru na obiekty znajdujące się w terenie o różnym stopniu urbanizacji.
19. Bardzo cennym, moim zdaniem, byłoby podanie w pracy rozdziału „Rekomendacje dla projektowania modeli do badań w tunelach aerodynamicznych”, które można wykorzystać przy symulacji oddziaływania wiatru na obiekty znajdujące się w terenie o różnym stopniu urbanizacji.

6. Ocena pracy

1. Układ pracy oraz strona redakcyjna są ogólnie rzecz biorąc poprawne. Doktorantka formułuje cel i zakres swojej pracy na tle aktualnego stanu wiedzy, podaje metodykę badań, podaje i opisuje dokumentalnie wyniki swoich badań, oraz przeprowadza ich analizę. Pewnym mankamentem redakcyjnym pracy, moim zdaniem, jest to, że objętość poszczególnych rozdziałów pracy nie jest jednakowa: rozdział 1 – 1.2 strony, rozdział 2 – 0,2 strony, reszta rozdziałów (rozdział 3 – 7 stron, rozdział 4 – 4 strony, rozdział 5 – 6 stron, rozdział 6 – 8 stron), rozdział 7 – 45, rozdział 8 – 46 stron, rozdział 9 – 2 strony (wnioski)).
2. Praca doktorska obejmuje swoim zakresem trzy, podstawowe w ocenie przepływu powietrza w tunelu aerodynamicznym zagadnienia: analizę wyników przeprowadzonych badań pola prędkości strumienia powietrza w przestrzeni pomiarowej tunelu aerodynamicznego; badania pola prędkości strumienia powietrza w przestrzeni pomiarowej dla: - trzech kategorii chropowatości terenu, - trzech prędkości napływu powietrza (5, 10 i 15 m/s), - bez modelu i z umieszczonymi w przestrzeni pomiarowej modelami o małej i dużej zabudowie powodującymi różne przysłonięcie przestrzeni pomiarowej oraz trzech szerokości szczelin ścianek szczelinowych; badania wpływu szerokości szczelin ścianek bocznych na zmniejszenie efektu blokady przepływu w przestrzeni pomiarowej tunelu aerodynamicznego w zakresie pomiarów wartości średnich współczynników ciśnienia i oporu aerodynamicznego dla modelu płaskiej płytki, walca i sześcianu o różnych wymiarach przestrzennych.
3. W pracy zbadano wpływ następujących parametrów na efekt blokady przepływu: 1) wielkość i kształt badanego modelu; 2) prędkość napływającego powietrza; 3) kategoria chropowatości terenu; 4) szerokość szczelin ścian bocznych.
4. W trakcie badań wykonano pomiary siły oporu aerodynamicznego, do których wykorzystano sześciokładnikową wagę aerodynamiczną. Pomiar wykonano z częstotliwością 250Hz i liczbą próbek 5000.
5. Na podstawie przeprowadzonych badań ustalono, że prędkości zmierzone w przestrzeni pomiarowej tuż przed stołem pomiarowym na którym były umieszczane modele są jednakowe w środkowym strumieniu o szerokości 1.50 m, a przy ściankach bocznych wartości te nieznacznie maleją. Spowodowane to jest wpływem szczelin w ściankach bocznych.
6. Przedstawione w pracy wyniki badań wykazały duży wpływ szerokości szczelin w ścianach bocznych na współczynnik oporu aerodynamicznego. Wartość tego współczynnika wzrasta dla dużych modeli, w których współczynnik blokady wynosi 15%. Wzrost ten spowodowany jest ograniczeniem przestrzeni między badanym modelem a ścianami bocznymi. Wpływa to na prędkość opływu wokół badanego modelu, a stąd na mierzone parametry.
7. W zakresie merytorycznym w pracy przeprowadzono analizę, która wykazała że zastosowanie szerokości szczelin w ścianach bocznych równych 16cm wpływa korzystnie na wyniki badań dużych modeli, w których współczynnik blokady wynosi 15%. Otrzymane dla nich wartości współczynnika odpowiadają

- wartościom współczynnika dla modelu o współczynniku blokady 5% wyznaczonych przy szczelinach w ścianach bocznych równych 2.5 cm.
8. Na podstawie przeprowadzonej analizy otrzymane rezultaty badań pozwolą na ocenę błędów pomiarowych oraz opracowanie wskazówek do projektowania modeli do badań w tunelach aerodynamicznych. Na tej podstawie można będzie opracować wytyczne, które będą wykorzystywane przy symulacji oddziaływania wiatru na obiekty znajdujące się w terenie o różnym stopniu urbanizacji.
 9. Przedstawione wnioski badawcze mogą być użyte do poprawnego symulowania oddziaływania wiatru w skali modelowej na obiekty o różnych kształtach i gabarytach.
 10. Wysoko oceniam naukowy i praktyczny walor badań eksperymentalnych opisanych w rozdziale 7 oraz 8. W rozdziale siódmym przedstawiono metodę i wyniki przeprowadzonych badań struktury przepływu powietrza w tunelu aerodynamicznym przy różnych szerokościach szczelin ścianek bocznych, trzech kategoriach chropowatości terenu, bez modelu i z dwoma modelami o różnej zabudowie.
 11. Dla modelu walca zarówno sekcyjnego jak i pełnego o średnicy 250 mm występuje nieznaczny wpływ szerokości szczelin na współczynnik oporu aerodynamicznego. Natomiast przy wzroście turbulencji współczynnik oporu maleje. Wartości tego współczynnika mieszczą się w zakresie krytycznym liczby Reynoldsa, stąd interpretacja wyników jest bardzo trudna.
 12. Rezultatem przedstawionej pracy są wyznaczone współczynniki ciśnienia dla modelu prostopadłościanu o współczynniku blokady 5% które mają stałą wartość po stronie nawietrznej. Na ścianach bocznych i stronie zawietrznej wartości te zmieniają się o wartość ok. 0.3, przy większej turbulencji o wartość ok. 0.4. Dla modelu sześciangu o współczynniku przysłonięcia przestrzeni pomiarowej różnica w wartościach współczynnika ciśnienia wynosi ok. 1.0 dla małej turbulencji i 1.2 dla dużej turbulencji. Różnice te są największe głównie na ścianach bocznych. Nie ma wpływu szerokość szczelin i wysokość turbulencji na C_p po stronie nawietrznej.
 13. Przedstawiony w pracy przegląd aktualnego stanu wiedzy a zwłaszcza jego analiza potwierdzają naukowe kwalifikacje Doktorantki.
 14. Rozprawa doktorska potwierdza szeroką wiedzę Doktorantki w zakresie badań eksperymentalnych z wykorzystaniem zaawansowanych nowoczesnych systemów pomiarowych w dziedzinie inżynierii wiatrowej.

7. Pytania recenzenta do Doktoranta z prośbą o merytoryczne ustosunkowanie się do nich podczas obrony pracy doktorskiej

W związku z przywołanymi wcześniej uwagami recenzent będzie wdzięczny za ustosunkowanie się Doktorantki podczas obrony do następujących pytań szczegółowych:

1. Jak wyznaczono optymalne ustawienie kierownic w tunelu aerodynamicznym oraz końcowe ustawienie kątów nachylenia łopatek czy całej kierownicy (rys. 6.7 na str.28)?

2. Jak Autorka interpretuje podział użytych w badaniach modeli: o dużej i małej zabudowie (ze względu na parametry geometryczne – w stosunku do przestrzeni pomiarowej tunelu aerodynamicznego $L \times B \times H$, współczynnik blokady), jakie przyjęto proporcje ich powierzchni i wysokości?
3. Czy była próba przeprowadzenia badań na podstawie symulacji numerycznej charakterystyk przepływu w tunelu aerodynamicznym z możliwością późniejszej analizy porównawczej z otrzymanymi wynikami przeprowadzonych pomiarów.
4. Jak dokonano oceny poziomu błędów pomiarowych, czy była przeprowadzana analiza statystyczna wyników pomiarów?
5. Na czym polegają rekomendacje (wskazówki) do projektowania modeli do badań w tunelach aerodynamicznych, które można wykorzystać przy symulacji oddziaływania wiatru na obiekty znajdujące się w terenie o różnym stopniu urbanizacji?

8. Wnioski końcowe

Podsumowując stwierdzam, że rozprawa doktorska Pani mgr inż. Renaty Kłaput stanowi rozwiązanie oryginalnego zagadnienia naukowego. Praca wnosi znaczący wkład w rozwój wiedzy w dyscyplinie „budownictwo” i ma również duże znaczenie praktyczne oraz dydaktyczne. Doktorantka wykazała się bardzo dobrą znajomością aktualnego stanu wiedzy w zakresie podjętej tematyki i umiejętnością przeprowadzania badań eksperymentalnych i analiz naukowych, co świadczy o Jej odpowiednim przygotowaniu do samodzielnego prowadzenia prac naukowo-badawczych.

Uważam, że główny cel rozprawy doktorskiej został osiągnięty, a teza pracy obroniona. Uwagi krytyczne wymienione w /punktach 4 i 5 nie obniżają dobrego, moim zdaniem, poziomu merytorycznego i ogólnej wysokiej oceny rozprawy doktorskiej. Pomimo tych uwag rozprawa jest bardzo interesująca z naukowego punktu widzenia i posiada wysoką wartość praktyczną. Mam nadzieję, że przedstawione przeze mnie uwagi krytyczne choć w części będą pomocne Autorowi w prowadzeniu dalszych badań naukowych i w przygotowywaniu artykułów do czasopism naukowych.

Biorąc powyższe pod uwagę stwierdzam, że recenzowana rozprawa doktorska autorstwa mgr inż. Renaty Kłaput pt. „Wpływ szerokości szczelin w ściankach bocznych tunelu aerodynamicznego na wynik badań modelowych” spełnia wymogi stawiane pracom doktorskim określone w Ustawie z dnia 14 marca 2003 roku „O stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki” (Dz.U. Nr 65, poz. 595, wraz z późniejszymi zmianami).

W związku z tym stawiam wniosek o przyjęcie rozprawy i dopuszczenie jej do publicznej obrony przed Radą Naukową Wydziału Inżynierii Lądowej Politechniki Krakowskiej.

