

dr hab. inż. Agnieszka Tomaszewska, prof. uczelni
Politechnika Gdańska
Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska
Katedra Mechaniki Budowli
ul. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk
e-mail: atomas@pg.edu.pl

Gdańsk, 30 grudnia 2025

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgr inż. Macieja Wiśniowskiego

pt. „Analiza obciążenia wiatrem katenoidalnych powłok chłodni kominowych z wykorzystaniem modelu CFD oraz nowoczesnych narzędzi weryfikacji doświadczalnej”

Promotor: dr hab. inż. Ryszard Walentyński, prof. PŚ

Promotor pomocniczy: dr inż. Agnieszka Padewska-Jurczak

1. Podstawa formalna opracowania recenzji

Recenzja została opracowana w odpowiedzi na pismo Pana Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Śląskiej, prof. dr hab. inż. Piotra Folęgi, z dnia 24.10.2025 r.

2. Ogólna charakterystyka rozprawy

2.1. Struktura pracy

Przedstawiona do oceny praca doktorska napisana jest w języku polskim. Obejmuje 168 stron tekstu głównego, podzielonego na 8 rozdziałów oraz spis treści, streszczenie w języku polskim i angielskim, 4 załączniki i bibliografię. Doktorant zawarł w pracy 116 referencji w języku angielskim lub polskim, którymi są artykuły naukowe, rozdziały w monografiach, materiały konferencyjne, książki, normy i standardy oraz strony internetowe.

2.2. Krótkie przedstawienie treści rozprawy

W rozprawie doktorskiej mgr inż. Macieja Wiśniowskiego analizuje się sposób obciążania wiatrem chłodni kominowych o katenoidalnej geometrii. Doktorant zauważa we wstępie (rozdział 1 pracy), że w przypadku tego obciążenia normy projektowe proponują przybliżanie geometrii chłodni walcem, co według badań wstępnych Doktoranta prowadzi do uzyskania innego rozkładu ciśnienia na powłoce niż w gdyby obciążyć geometrię rzeczywistą. W odniesieniu do tej obserwacji Doktorant stawia w pracy dwie tezy, które następnie udowadnia poprzez obliczenia numeryczne w obszarze mechaniki płynów, przy czym

ostatecznie sformułowany model numeryczny jest zwalidowany w odniesieniu do testów w tunelu aerodynamicznym. Tok pracy jest opisany w kolejnych siedmiu rozdziałach, które pokrótce są omówione poniżej.

W rozdziale 2, obszernym tematycznie, omówiono sposób opisywania oddziaływania wiatru na konstrukcje na podstawie przeglądu literatury i kilku norm – polskich i zagranicznych. Autor rozprawy wyjaśnia tu specyficzne parametry stosowane w opisie tego obciążenia, takie jak intensywność turbulencji i, dyskutowane szerzej, porywy wiatru. Doktorant zwraca przy tym uwagę na różnice w podejściach do opisu tego obciążenia w różnych normach, np. do sposobu określania średniej prędkości wiatru i na koniec zamieszcza ciekawe porównanie profili ciśnienia wiatru uzyskane wg różnych norm przy podobnych sytuacjach. W dalszej części rozdziału Doktorant omawia literaturę z zakresu badań modeli obiektów budowlanych w tunelu aerodynamicznym, w szczególności dotyczącą konfiguracji tunelu pozwalających osiągnąć wymagane obciążenie, budowy modelu (efekt skali), sposoby pomiaru przepływu i odpowiedzi modelu. Przegląd opisano kompleksowo, odpowiednio zilustrowano rysunkami, schematami, tabelami i wzorami.

Rozdział 3 zawiera wybrane zagadnienia z zakresu dynamiki płynów, potrzebne do analizy postawionego w pracy tematu. W szczególności podano równania ruchu płynu newtonowskiego i równania konstytutywne płynu lepkiego. W ciekawy sposób opisano sposoby modelowania turbulencji, z uwagami praktycznymi dotyczącymi parametrów obliczeń numerycznych, np. gęstości siatki oraz opisano kilka modeli turbulencji. Na koniec podano uwagi dotyczące uwzględniania w równaniach równowagi warunków brzegowych. Treść rozdziału odwołuje się głównie do pozycji literaturowej [4].

Rozdział 4 jest najbardziej obszerny w pracy. Opisuje ścieżkę do określenia docelowego modelu numerycznego układu badanego w tunelu aerodynamicznym. Model podlega obliczeniom według metody computational fluid dynamics (CFD). Doktorant przyjął podejście hierarchiczne do określenia tego modelu, zaczynając od analizy prostej geometrii walca w domenie prostopadłościowej, następnie stopniowo komplikując geometrię chłodni i domeny i ostatecznie definiując geometrię odpowiadającą badaniom w tunelu aerodynamicznym. Poprzez takie podejście Doktorant mógł stopniowo określać parametry obliczeniowe zadania. I tak, w pierwszym analizowanym modelu (mod. 14) Doktorant określa rozmiar siatki, który będzie stosowany w kolejnych modelach, dobiera krok czasowy obliczeń, a także (w tabeli 4.4) podaje ustawienia parametrów obliczeniowych w programie Ansys Fluent, co może być wskazówką dla innych użytkowników programu w ustawieniach innych zadań. W podrozdziale 4.8 opisano zasadniczą część badań numerycznych, mianowicie model reprezentujący badania wykonane w tunelu aerodynamicznym. Podano tutaj szczegółowe wyniki obliczeń, tzn. rozkłady ciśnienia w przekrojach obiektu, pola prędkości przepływu w tunelu oraz wyznaczono funkcję analityczną opisującą rozkład ciśnienia w przekroju poprzecznym modelu.

W rozdziale 5 opisano badania modelu chłodni kominowej w tunelu aerodynamicznym. Szczegółowo opisano konstrukcję tunelu, sposób generowania odpowiedniego przepływu i jego „posiewania” za pomocą dymu, sposób pomiaru przepływu wewnątrz tunelu oraz sposób określania geometrii przepływu na podstawie zapisów kamery w przekroju wygenerowanym przez wiązki lasera. Przedstawiono wyniki dotyczące rozkładów prędkości wiatru za obiektem, na różnych jego wysokościach i porównano je z wynikami uzyskanymi w obliczeniach numerycznych.

W rozdziale 6 opisano model numeryczny i wyniki obliczeń dotyczących opływu powietrza wokół chłodni kominowej i wymiarach rzeczywistego obiektu. Zawarto w nim również kilka uwag o praktycznym znaczeniu otrzymanych wyników. W rozdziale 7 opisano konstruowaną wagę aerodynamiczną. Pracę kończy rozdział 8 zawierający wnioski końcowe.

2.3. Ocena aktualności i znaczenia podjętych badań

Praca ma zasadnicze znaczenie praktyczne, bo Doktorant stawia w niej dwie tezy, odnoszące się do aktualnych rekomendacji normowych, dotyczących sposobu określenia obciążenia wiatrem tak skomplikowanej geometrii jaką ma chłodnia kominowa. Mgr inż. Maciej Wiśniowski wykorzystuje nowoczesne narzędzia obliczeniowe oraz eksperymentalne by udowodnić postawione tezy i dzięki temu wnosi nowe elementy do stanu wiedzy o właściwym obciążaniu wiatrem tych obiektów. W pracy podano wiele uwag praktycznych o budowaniu chłodni kominowych w odniesieniu do aerodynamiki ich obciążenia, np. dotyczących wpływu wzajemnego usytuowania kilku chłodni na ich obciążenie przepływem powietrza.

3. Szczegółowa ocena rozprawy

3.1 Ocena merytoryczna

Rozprawa doktorska mgr inż. Macieja Wiśniowskiego jest obszerna tematycznie. Skupia się na zaawansowanych obliczeniach modelu chłodni kominowej umieszczonej w tunelu aerodynamicznym, w kilku wariantach, w celu ustalenia najlepszej konfiguracji modelu do reprezentacji rzeczywistości wykonanych badań. Uzyskane wyniki są częściowo porównane do wyników badań modelu w tunelu, wykonanych przez Doktoranta. Dodatkowo, mgr inż. Maciej Wiśniowski opisał swoją pracę konstruktorską nad budową wagi aerodynamicznej, która pozwoliłaby określić siły powstałe w posadowieniu modelu. Ich znajomość byłaby ważnym parametrem do walidacji modelu obliczeniowego. Podjęty temat jest trudny i ambitny, a do tego ważny z praktycznego punktu widzenia, bo dyskutuje rekomendacje normowe dotyczące wyznaczania obciążenia wiatrem obiektów rzeczywistych. Obszerny wstęp do rozdziałów zasadniczych, zawierający opis literatury i potrzebnej teorii świadczą o dobrym przygotowaniu Doktoranta do podjętego badania.

Przeprowadzone w wielu modelach obliczenia CFD są wieloparametrowe, i przez to są trudne do kontrolowania. Doktorant przyjmuje podejście hierarchiczne do poszukiwania definicji modelu, odpowiedniego do numerycznej symulacji badań wykonanych w tunelu aerodynamicznym. Poprzez analizę coraz bardziej złożonych przypadków (różne reprezentacje geometryczne chłodni i różne kształty tunelu), a także poprzez analizę parametryczną zadania (różne prędkości przepływu, liczby Reynoldsa) Doktorant stopniowo wnioskuje, jakie ustawienia obliczeniowe przyjąć w ostatecznym modelu. Takie podejście jest bardzo rozsądne, bo w tak skomplikowanym modelu nie można mieć jednocześnie wielu niewiadomych – wówczas trudno byłoby ocenić wynik.

Rozprawa doktorska mgr inż. Macieja Wiśniowskiego jest bardzo ciekawa i na wysokim poziomie merytorycznym, jednak brakuje w niej precyzji prowadzenia wywodu, co

utrudnia podążanie za tokiem analizy i wnioskowania Doktoranta. Zasadnicze spostrzeżenia podaje poniżej.

W rozprawie postawiono tezy dotyczące różnicy rozkładu ciśnienia wiatru na geometrii chłodni kominowej i na geometrii walca, rekomendowanej przez normy projektowe jako przybliżenie geometrii chłodni. Tezy te Doktorant udowadnia, jednak brakuje w pracy zestawienia wyniku obliczeń CFD uzyskanego dla walca i geometrii chłodni, przy zasadniczo tych samych parametrach obliczeń. Doktorant w rozdz. 6.5.2. pokazuje rozkład ciśnienia na powierzchni chłodni kominowej i opisuje różnice względem wyniku uzyskanego dla walca, jednak nie pokazuje mapy ciśnienia na walcu. Na rys. 6.13 pokazano co prawda przekroje ciśnień na różnych wysokościach chłodni oraz ciśnienie obliczone wg Eurokodu i instrukcji VGB, jednak różnica wyników normowych i CFD jest słabo wyeksponowana jak na główną myśl rozprawy doktorskiej (tezy). Wydaje mi się, że zasadnicze wyniki pokazano w załączniku Z4.2, jednak w rozdz. 6 nie ma do niego żadnego odniesienia.

Obciążenie wiatrem jest trudne do opisu, bo jest silnie zmienne. W związku z tym, w stosowanych podejściach, np. normowych, występują różne wielkości i różne współczynniki, opisujące, np. prędkość wiatru, porywy, turbulencje, rodzaj terenu w odniesieniu do wysokości obiektu czy jego kształtu. W tak skomplikowanych relacjach potrzebny jest reżim opisu, dokładne wyjaśnienie używanych oznaczeń. Tymczasem tego w pracy brakuje. Na przykład nie wiadomo co we wzorach 2-11 oznaczają $z_{0,II}$, v_b , k_1 . Znaczenia innych parametrów można się domyślać, ale przecież powinny być wyjaśnione. Poza tym, np. w tych samych wzorach 2-11 występuje C_0 i c_0 – czy oznaczają co innego? Podobnie C_p na str. 19 pisane jest raz wielką, raz małą literą (wzór 2-13). Swoją drogą, wprowadzając ten współczynnik na str. 18 nazywa go „właściwym współczynnikiem” – czy on nie ma nazwy? Tego typu niedokładności opisu i brak bieżących objaśnień oznaczeń znacznie utrudnia śledzenie toku rozumowania Doktoranta, zwłaszcza, że braki te występują w wielu wzorach. Pomógłby w tym np. spis oznaczeń zamieszczony w pracy.

Praca zyskałaby na czytelności, gdyby Doktorant najpierw opisał badania modelu w tunelu aerodynamicznym, a potem proces modelowania numerycznego. W obecnym układzie czytelnik nie wie, do czego zmierza modelowany układ geometryczny, w tym jakie są wymiary domeny i obiektu (rozdz. 4.3). Bardzo ważny w rozprawie schemat pracy nad poszukiwaniem docelowego modelu numerycznego (rys. 4.6) jest opisany w sposób trudny do zrozumienia. Na przykład, w opisie Modelu 16 podano „porównanie czy/jak tunel wpływa na wynik dla walca” – nie wiadomo, co Doktorant ma na myśli pisząc „tunel” ani „wynik dla walca”. Ponadto, przyjęto różne sposoby opisu modeli, tzn. „przypadek opływu walca” (mod. 14), „model chłodni (...) w domenie” (mod. 15), „model tunelu z (..) walcem”. Dużo jaśniej by było, gdyby przyjęto jednolity sposób nazywania modeli, np. model: (walca (wysokiego, niskiego), chłodni) w domenie: (prostokątnej, o geometrii użytego tunelu). Wszystkie specyficzne wymiary powinny być podane, a ich nie ma. Niestety, nawet nie jestem pewna, jaka jest wysokość obiektów w modelach 15 i 16 – na pełną wysokość domeny, czy nie? Rysunki 4.24 i 4.25 są nieczytelne w tej sprawie, a stosownych opisów nie znalazłam.

Brakuje w pracy rozdziału z definicjami wielkości, które są ostatecznie dyskutowane. Na stronie 79 Doktorant wyjaśnia pojęcie siły aerodynamicznej (oporu) i siły nośnej (nie wyjaśniając jednak kierunku jej działania), jednak już wcześniej, bo na str. 72 Doktorant pisze o „wypadkowej sile nośnej i ciągu”, nie wyjaśniając czym są. Powoduje to trudność w pełnym

zrozumieniu wyników. Ponadto, na str. 80 podano współczynnik oporu (C_x) oraz siły nośnej (C_y), jednak nie podano ich definicji (np. wzorem). Co prawda podano wzór (4-6) na siłę nośną, ale występuje tam współczynnik C_i . Niestety nie wyjaśniono także, w jaki sposób w pracy wyznacza się wartości współczynników C_x i C_y z obliczeń numerycznych. W rozdz. 4.6 ponownie omawia się siłę ciągu, której jednak nie zdefiniowano w rozdz. 4.5.

Moje spostrzeżenia mogą być potraktowane jako wskazówka w pisaniu przyszłych prac naukowych, jeśli Doktorant się z nimi zgadza.

3.2 Ocena formalnej strony rozprawy

Treść rozprawy doktorskiej jest bogato ilustrowana rysunkami, wykresami, tabelami i wzorami. Nie wszystkie rysunki są czytelne, np. 2.7. W ogólności pracę napisano poprawnym językiem, ale można znaleźć pewne niedociągnięcia, jak:

- nieformalne sformułowania, np. „Model dobrze radzi sobie z szybkim rozwiązaniem zadań...” i „Wymaga jednak dobrej siatki...” na str. 63, czy „Model k-epsilon doczekał się [...] wielu wariantów” (str. 64), których należałoby w rozprawie doktorskiej unikać;

- sformułowania niepoprawne językowo, np.:

- str. 9 „... uwzględniane przez współczynniki zwiększające **dla statycznych oddziaływań**”. Poprawniej by było „... zwiększające wartość oddziaływań statycznych”;

- str. 11 „Współczynnik C wyznacza się eksperymentalnie, **na podstawie badań**” – druga część zdania jest niepotrzebna,

- str. 83, wielokrotnie napisano „ilość elementów”, zamiast „liczba elementów” (policzalne).

A także liczne literówki.

W pracy można znaleźć nieprecyzyjne sformułowania, np. tytuł rozdziału 2.1.2 „Wpływ geometrii na wielkość obciążenia” powinien precyzyjnie powiedzieć, o jaką geometrię chodzi (budowli?). Podobnie tytuł rozdziału 4.4 nie informuje o jego treści, a tytuł rozdziału 4 jest niepoprawny merytorycznie, bo nie waliduje się numerycznie badań eksperymentalnych. Waliduje się model numeryczny w odniesieniu do danych eksperymentalnych.

W rozprawie brakuje odniesienia do:

- niektórych rysunków, np. 2-1, 2.2 (str. 13), 2.5, 2.7, 2.12-2.16, 2.21, 2.23, 2.27, 2.28, 2.31, 2.34, 3.1, 4.64

- niektórych tabel, np. 2.1, 2.2, 2.4.

Wobec tego nie wiadomo w jakim celu zawarto je w pracy i jak wiążą się z jej treścią. Dodatkowo na str. 31 jest niepoprawne odniesienie do Rys. 3.6 (czy chodzi o rysunek zawarty w normie?), na str. 35 do Rys. 2.6 i 2.10, na str. 95 do rys. 2.35 i str. 96 do rys. 4.30. Ponadto, w pracy zawarto po dwa (różne) rysunki o numerach 2.1, 2.2, 2.3. Nie znalazłam w tekście odwołania do referencji o numerach 68-70, jeśli jest to uprzejmie proszę o wskazanie miejsca odwołania do tych referencji.

W pracy można też znaleźć błędy edycyjne. Nie przywiązano należytej uwagi do unikania ‘sierotek’, tzn. pojedynczych liter pozostawionych na końcu linii. Sierotki uznaje się

za błąd typograficzny. Trzy można znaleźć na str. 9, po jednej na str. 10, 12, 14, 22, 25 i na innych stronach. Ponadto, podpisy dwóch rysunków znajdują się na innej stronie (kolejnej) niż rysunek (rys. 4.8, 4.48)

3.3 Dyskusja i spostrzeżenia krytyczne

- W niektórych miejscach brakuje dokładnych wyjaśnień prezentowanych zagadnień. Na przykład, na str. 19 Doktorant pisze o możliwych wartościach współczynnika C_p , który wg normy [N-2] jest w zakresie $\langle 0,4-1,2 \rangle$, a wg publikacji [10] przyjmuje wartości pomiędzy $\langle -3,1 \rangle$. Doktorant niestety nie komentuje z czego wynika taka rozbieżność, szkoda, bo czytelnik w zasadzie nie wie, co myśleć o tak różnych wynikach. Poza tym, wynik cytowany z pracy [10] (rys. 2.8) nie jest skomentowany – nie wiadomo dla jakich konstrukcji uzyskany, o jakich średnicach i innych parametrach, numerycznie, czy eksperymentalnie?
- Na str. 34 przedstawione są dwa wykresy ciśnienia wiatru, które skomentowano, że na wysokości około 400-600 m n.p.t. wartość ciśnienia „stabilizuje się”. To stwierdzenie nie jest poparte liczbami, bo wykresy przedstawiono w zakresie wysokości 0-400 m n.p.t.
- Na str. 11 Autor podaje, że $n = 1/T$, gdzie n jest częstotliwością pulsacji porywów wiatru, a T jest czasem pomiaru, co jest złą definicją T , bo oczywiście wówczas n , które ma być charakterystyką obciążenia, zależałoby tylko od czasu pomiaru.
- Trudno zgodzić się z wnioskiem Doktoranta, że pola prędkości powietrza za chłodnią uzyskane dla modelu chłodni metodą CFD i eksperymentalnie są podobne (rys. 5.24). W wyniku eksperymentalnym widoczna jest struga powietrza wychodząca spod obiektu, a w wyniku numerycznym jej nie ma. Poza tym, nie podano legendy wyjaśniającej użyte w mapach kolory, nie wiadomo więc nawet, czy np. kolor czerwony w obu typach map oznacza tę samą wartość.
- W istotnej części pracy, dotyczącej poszukiwania geometrii i parametrów modelu opływu aerodynamicznego chłodni kominowej, Doktorant odnosi się do pracy [51], w której zestawiono współczynniki C_x i C_y . Doktorant porównuje z nimi wyniki uzyskane w swoich modelach. Niestety, Doktorant nie opisuje tej referencji, nie podaje tak istotnej informacji, jak sposób uzyskania wyników przez Lienharda (obliczeniowy, eksperymentalny?), ani nie podaje żadnej geometrii ani innych parametrów zadania Lienharda. Dlatego trudno ocenić, czy te wyniki w ogóle powinny być porównywane.
- Rozdział 3 zawiera wiele wzorów, jednak w niektórych można znaleźć błąd (np. w 3-37, 3-39), lub wadliwe komentarze do wzorów, np. do 3-14 (jeśli μ jest tensorem to oznaczenie powinno być pogrubione, a μ i λ nie są samodzielnymi składowymi sumy).

3.4 Pytania do Doktoranta

1. Na str. 19 Doktorant pisze „Siłę oporu oraz siłę nośną wystarczy wyznaczyć głównie w przypadku małych średnic, dla których rozkład ciśnienia na powierzchni nie ma znaczenia, ale ma znaczenie sumaryczna wielkość obciążenia. W przypadku konstrukcji o większych średnicach i względnie cienkich ścianach wyznacza się rozkład ciśnienia na powierzchni w przekroju poprzecznym”. Czy mógłby Pan wyjaśnić, jakie przypadki uznaje się za „małe średnice”, a jakie za „większe”? Jak zdecydować, czy w danym przypadku trzeba wyznaczyć rozkład ciśnienia w przekroju poprzecznym?
2. W jaki sposób przeskalowano modelowaną w tunelu chłodnię? Geometrię łatwo przeskalować, ale jak przeskalowano sztywność globalną konstrukcji, która ma duże znaczenie w sile oporu? Z jakiego materiału wykonano model chłodni i jakie przyjęto grubości powłoki?
3. Skąd pochodzi rekomendacja podana na stronie 72, że wartość Y^+ powinna przyjmować wartości 1-10 lub 30-300? Z drugiej strony, na stronie 91 Doktorant pisze, że pożądaný zakres wartości Y^+ to 0-7. Jest tu niespójność stwierdzeń.
4. Jak należy rozumieć liczbę 4,6875 podaną w tabeli 4.2 jako max. rozmiar siatki? Jeśli przecinek jest tu separatorem dziesiętnym to ta liczba jest mniejsza od podanego minimalnego rozmiaru siatki (120).
5. Proszę o komentarz, dlaczego na podstawie analizy modelu 14 do dalszej pracy wybrano siatkę w wariancie 14_d2, skoro w tabeli 4.3 pokazano dla niej wartości Y^+ z zakresu niepożądanego (12.973 dla prędkości 40m/s)? Nawiasem mówiąc, kolory zielony, pomarańczowy i biały w tabeli są pomieszane w stosunku do opisu użycia kolorów (więcej liczb powinno być zaznaczonych na zielono).
6. Podpisy pod rys. 4.12, 4.21 podają, że pokazano rozkłady ciśnienia, ale z wykresów wynika, że pokazano wartości ciśnienia na pewnym poziomie walca. Na jakim?
7. Jaki jest wniosek z rys. 4.37? Nie jest jasne, dlaczego podano ten wykres, bo go nie skomentowano.
8. Jaki model turbulencji przyjęto w obliczeniach, dlaczego wybrano ten i jak przyjęto jego parametry?
9. Proszę o dodatkowe wyjaśnienie, na czym polega podobieństwo wyników CFD i eksperymentalnych, pokazanych na rys. 5.24.
10. Wobec widocznej różnicy między wynikiem numerycznym, a eksperymentalnym pola prędkości powietrza za modelem chłodni (rys. 5.24) uprzejmie proszę o komentarz, który wynik należy uznać za poprawniejszy? Np. w kontekście błędów pomiarowych, przyjętych uproszczeń, czy innych czynników wpływających na otrzymane wyniki.

4. Podsumowanie i wniosek końcowy

Wymienione przeze mnie uwagi krytyczne mają na celu przyłączenie się do dyskusji naukowej prowadzonej przez mgr inż. Macieja Wiśniowskiego oraz na zwrócenie Jego uwagi na staranność pisania prac naukowych. Stwierdzam jednak, że temat i sposób rozwiązania problemu są ciekawe z naukowego punktu widzenia, niebanalne i trudne. Za oryginalne osiągnięcia należy uznać budowę skomplikowanego modelu numerycznego aerodynamicznego oddziaływania powietrza na rzeczywistą chłodnię kominową, który został częściowo zwalidowany w badaniach w pomniejszonej skali, eksperymentalnych i numerycznych, oraz udowodnienie, poprzez pogłębioną analizę numeryczną (modelowanie hierarchiczne i walidacja modelu do wyników eksperymentalnych), że obciążenie wiatrem chłodni, wyznaczone w sposób normowy (Eurokod i instrukcja VGB), czyli jak dla walca, odbiega od obciążenia wyznaczonego dla rzeczywistej geometrii chłodni. Doktorant dowodzi, że w podejściu normowym niedoszacowane są wartości ssania na kierunku prostopadłym do kierunku nawietrznego, co jest ważnym wnioskiem praktycznym. Doktorant jest współautorem 13stu publikacji naukowych, jednego zgłoszenia oraz zrealizował wewnątrzuczelniany projekt badawczy. Wobec powyższego stwierdzam, że praca doktorska Pana mgr inż. Macieja Wiśniowskiego wnosi istotny wkład w rozwój dyscypliny naukowej Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport. **W związku z tym stwierdzam dalej, że przedmiotowa rozprawa doktorska spełnia wymagania Ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (Dz. U. z 2018r., poz. 1668, z późn. zm.) i wnoszę o dopuszczenie pracy do obrony.**

Recenzję podpisała
Agnieszka Tomaszewska