

płk dr hab. inż. Krzysztof Dragan, prof. ITWL

Warszawa, 20.11.2024 r.

Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych

ul. Ks. Bolesława 6

01-494 Warszawa

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Anny Zalewskiej - Tytuł, nt. „Identyfikacja mechanicznych właściwości podłoża nieutwardzonego w aspekcie osiągnięć trakcyjnych koła jezdnego”.

Podstawa:

Recenzja została opracowana na podstawie zlecenia Z-cy Przewodniczącego ds. stopni naukowych Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Mechaniczna – dr. hab. inż. Jarosława Bieniasia - pismo z dnia 14 października 2024 r.

1. Ogólna i formalna charakterystyka pracy

Praca obejmuje opracowanie i przygotowanie danych zebranych z pomiarów własności związanych z nośnością gruntu, w celu możliwości określania parametrów trakcyjnych kół samolotu co wpływa na osiągi związane z wykonywaniem operacji lotniczych (startu i lądowania). Przedstawiona metodologia pozwala również na ocenę bezpieczeństwa korzystania z gruntowych lotnisk dla różnych statków powietrznych w zależności od rodzaju statku powietrznego oraz warunków atmosferycznych związanych między innymi z porą roku. W pracy przedstawiono metodologię pomiarów zwięzłości gleby, jako głównego elementu wpływającego na wyżej wymienione parametry. Doktorantka formułuje również spostrzeżenia dotyczące wpływu szeregu parametrów atmosferycznych jak również geologicznych na parametry nośności gruntu. Parametry te wpływają na wykonywanie operacji lotniczych i ich bezpieczeństwo. Ocena tych parametrów, poprzez zaproponowane w pracy ich pomiary ma prowadzić do możliwości opracowania metodologii ich wyznaczenia i oceny korelacji tych parametrów z zwięzłością gruntu. Zamierzenie jest ciekawe, w szczególności iż od szeregu lat takie badania prowadzi się pod kątem oceny możliwości wykorzystania lotnisk gruntowych lub przygodnych lądowisk do operacji ciężkich statków powietrznych lub też oceny

bezpieczeństwa przy incydentalnych zdarzeniach np. wypadnięcia statku powietrznego z pasa startowego.

Rozprawa zawiera ujęcie podejścia oceny parametrów naziemnych operacji statku powietrznego, przez korelacyjne określenie możliwych zależności w wielowymiarowym ujęciu oceny parametrów nośności gleby w zależności od parametrów atmosferycznych, rodzaju gleby oraz szeregu parametrów eksploatacyjnych dla danego lotniska trawiastego.

Doktorantka przedstawia w swojej pracy statystyczny model oceny tych parametrów za pomocą zarejestrowanych danych podczas rocznego cyklu pomiarowego.

W całkowitym ujęciu pracy można wyróżnić dwa utylitarne cele:

- Rejestracja parametrów zwięzłości gleby z wykorzystaniem badań dynamicznych (tj. penetrometru stożkowego) oraz rejestracji parametrów atmosferycznych wraz z opisową oceną parametrów stanu lądowisk trawiastych;
- Próba opracowania modelu osiągnięć parametrów układu podwozia (w uproszczeniu traktowanym jako układu jezdnego) do oceny osiągnięć wykonywania operacji lotniczych.

Autorka przedstawiła do oceny rozprawę obejmującą 154 strony maszynopisu, zawierającą 8 rozdziałów, streszczenie w języku polskim i angielskim, wykaz ważniejszych symboli i oznaczeń, bibliografię składającą się z 106 pozycji literaturowych, 4 odniesień do witryn internetowych oraz Załącznik (str. 92 – 154) przedstawiający tabelaryczne zestawienie wyników pomiarów z lotnisk gruntowych.

Poniżej przedstawiono krótką charakterystykę pracy przedstawionej przez doktorantkę wraz z sugestiami i komentarzami będącymi podstawą do oceny pracy.

Rozdział 1 – stanowi wstęp w ramach którego przedstawiono wprowadzenie do identyfikacji problemu badawczego zawartego w pracy. Rozdział bardzo krótko definiuje potrzebę badania tego typu nawierzchni za pomocą oceny jej zwięzłości, bez odwołania czy analizy pozycji literaturowych wskazanych w przeglądzie. Brakuje tu też stosownego odwołania do obowiązującego i aktualnego stanu wiedzy lub norm branżowych. Wstęp wprowadza do celu i zadań pracy w bardzo skrótowy sposób.

Rozdział 2 – przedstawia opis parametrów badanego obiektu tj. zwięzłość gleby i pomiary jej wilgotności. Doktorantka dokonuje krótkiej charakterystyki własności fizycznych gleby oraz przedstawia semantykę parametrów wpływających na zwięzłość gleby. Autorka ocenia też istotność innych parametrów mających wpływ na zwięzłość oraz przedstawia w sposób szczegółowy metodologię wyznaczenia wilgotności gleby oraz zwięzłości gleby. Rozdział ten przedstawia odniesienie do kilku pozycji literaturowych, jednakże brakuje wyraźnego uzasadnienia wybranej metodologii oceny zwięzłości gleby opartej o wskaźnik stożkowy (CI).

Przedstawione uzasadnienie w mojej ocenie nie odzwierciedla w pełni przeglądu stosowanych metod i odniesienia się do nich, co jest warunkowane brakami wykazanymi we wstępie.

Rozdział 3 – przedstawia wprowadzenie do mechaniki zjawiska w układzie koło jezdne – podłoże nieutwardzone. W pierwszej części przedstawiono zarys historyczny powstania tzw. terra-mechaniki. Autorka w uporządkowany sposób omawia rozwój tej metodologii w szczególności w zakresie rozwoju modelu oddziaływania i stosowania zasobów obliczeniowych. Biorąc pod uwagę szczegółowość tego opisu nasuwa się komentarz związany z celowością tak szczegółowego opisu a jego braku we wstępie identyfikującym badania. Dalsza część rozdziału jest uszczegółowieniem tego modelu w szczególności w zakresie oddziaływania koła na podłoże i stosowanych modeli analitycznych. Kolejne podrozdziały przedstawiają opis mechaniki oddziaływania z definicją naprężeń występujących w zdefiniowanym układzie i wprowadzeniem do wybranych modeli opisujących oddziaływania w tym układzie. Modele odkształceń jak i sił oddziaływujących są przedstawione w sposób opisowy, obejmując ich przedstawienie w zależnościach funkcyjnych co umożliwi wykorzystanie podstaw tego modelu w dalszej części pracy do opisu dynamiki ruchu statku powietrznego.

Rozdział 4 – rozdział ten przedstawia tezę i cel oraz zakres pracy.

Teza pracy jest następująca: *„Możliwe jest określenie przedziałów wartości zwięzłości gleby, powtarzalnych dla poszczególnych miesięcy w roku i na tej podstawie przewidywać osiągi trakcyjne elementów jezdnych oraz pojazdów i maszyn”*. Głównym celem pracy jest *„przeprowadzenie pełnorocznych badań zwięzłości gleby na wybranych podłożach odkształcalnych a następnie analiza wpływu różnorodnych czynników, które mogą wpływać na wartości zwięzłości gleby”*. Dodatkowo celem pracy jest opracowanie i weryfikacja modelu osiągnięć układu jezdnego w oparciu o przeprowadzone badania.

Rozdział 5 – przedstawia badania autorki w zakresie zwięzłości gleby oraz zmian wilgotności i temperatury. Pomiary zwięzłości przeprowadzono za pomocą penetrometru stożkowego. W krótkim podrozdziale przedstawiono metodologię wykonania pomiaru. Analogicznie w przypadku pomiarów wilgotności i temperatury autorka bardzo krótko charakteryzuje przyrząd i sposób rejestracji pomiarów. Kolejnym elementem jest przedstawienie obiektu badań – tj. wybranych 5 lotnisk trawiastych we wschodniej i południowo – wschodniej Polsce. Narzucającym się do skomentowania elementem w szczególności w odniesieniu do dalszej dyskusji oceny wyników, jest brak szczegółowego omówienia charakterystyki tych lotnisk. tj. przedstawienia rodzajów gleby, sumy rocznych opadów, gradientów temperatur

z rejestrowanych przez lotnisko danych, ekstremalnych warunków pogodowych, które mogą wpływać na zwięzłość gleby, czy być może innych uwarunkowań np. natury hydrologicznej. Ostatnim elementem przedstawionym w rozdziale jest program badań. Jednakże przedstawiony w podrozdziale 5.4, opis jest ogólnym opisem podejścia do badań. Wydaje się, że w tym miejscu właściwie przedstawiony metodycznie plan z ilością badań, interwałem pomiarowym oraz liczbą próbek pomiarowych ułatwiłby dalszą analizę przedstawionych wyników.

Rozdział 6 – przedstawia graficznie i tabelarycznie zarejestrowane wyniki z pomiarów poddane uśrednieniom z uwagi na znaczne wartości rozrzutów oraz przeanalizowane z wykorzystaniem metody korelacji Spearmana, stosowanej do oceny zależności zmiennych o nie normalnym rozkładzie danych. Do oceny zależności (tj. możliwych korelacji pomiędzy grupami) wyznaczonego współczynnika wskaźnika stożkowego pomiędzy poszczególnymi lądowiskami zastosowano test Kruskala Wallisa. W przypadku istnienia takiej zależności możliwe jest wykorzystanie testu tzw. po fakcie – post hoc Dunna, który pozwala precyzyjnie określić potencjalne zależności dla wytypowanych grup. W rozdziale przedstawiono w sposób krokowy postępowanie, związane z oceną możliwych korelacji dla rejestrowanych parametrów wskaźnika stożkowego, temperatury oraz wilgotności gleby. Autorka w sposób zwięzły przedstawia ocenę wyznaczonych wskaźników dla poszczególnych lokalizacji lądowisk oraz przeprowadza ocenę statystyk opisowych pozwalających na wykonanie testów post – hoc. Na tej podstawie doktorantka prowadzi dyskusję istnienia możliwych zależności dla zarejestrowanych parametrów dla poszczególnych lądowisk w zależności od pory roku. Wynik dla którego uzyskano największą zwięzłość odniesiony jest do istniejących warunków geologicznych (typu gleby jakie występuje na tym obszarze). Na tym etapie czytania pracy nasuwa się pytanie o odniesienie się do rodzajów gleby i potencjalnych zależności ich nośności (analiz. lit. – np. Publikacja K. Lejman, J. Lesiak, -Wpływ zwięzłości gleby na jej parametry wytrzymałościowe) – czy takie dane istnieją? Co więcej takie spostrzeżenie pojawia się w pracy - cyt. str. 52, wiersz 2 „Jako podstawowy czynnik mający bezpośredni wpływ na uzyskane końcowe wyniki określa się przede wszystkim rodzaj gleby, na której zlokalizowane jest lotnisko”.

W dalszej części przedstawione zostały zarejestrowane uśrednione wartości zwięzłości gleby i wilgotności. Na przedstawionych rysunkach nie odnoszono się do temperatur bez wyraźnego komentarza, czytający zakłada, że jest to związane z niską korelacją wskaźnika stożkowego z rejestrowanymi temperaturami. W przedstawionym rozdziale brak jest sumarycznego podsumowania syntetyzującego zarejestrowane dane.

Rozdział 7 – przedstawia metodologię określania osiągnięć naziemnych statku powietrznego podczas operacji na pasie startowym. Przedstawiony model opiera się o równowagę oporów

związanych z przemieszczaniem się obiektu kołowego o określonej masie (zmiennej wskutek oddziaływania siła aerodynamicznych) na powierzchni o określonym tarciu i oddziaływaniu sprężystym związanym z nośnością (zwięzłością gruntu). W rozdziale wprowadzono również opis wpływu roślinności trawiastej na pasie na opory toczenia. Autorka przedstawia również metodę oceny istotności wpływu tzw. masy zielonej na opory toczenia (współczynnik k_{tr}). Kwantyfikator wpływu tego elementu jest uwzględniony w zaproponowanym podejściu analitycznym. W rozdziale przedstawiono wyznaczone wartości współczynnika oporu toczenia w postaci tabelarycznej dla przyjętych parametrów wagowo – wymiarowych dla samolotu PZL - 150 Koliber oraz zarejestrowanych wartości wskaźnika stożkowego. Przenalizowane i przedstawione w tablicy 7.2. wartości współczynnika k_{tr} budzą jednak pewne wątpliwości co zostanie poruszone w zakresie przedstawionych pytań. Ciekawym elementem eksperymentalnym jest porównanie uzyskanych wartości analitycznych współczynnika k_{tr} z wartościami empirycznymi zarejestrowanymi metodą pomiaru metodą testera ręcznego oraz metodą holu dynamometrycznego. Metody te generują jednak pewne wartości odchyłek w stosunku do modelu analitycznego, co zostało skomentowane w analizie wyników. Ostatnim istotnym elementem pracy jest metodologia wyznaczania osiągow parametrów samolotu pozwalająca na ich wykorzystanie w modelu oceny długości drogi startu. Rozdział kończy podsumowanie uzyskanych dwóch istotnych wyników z uwagi na różnice w modelu i zarejestrowanych danych. W rozdziale brakuje jednak szczegółowej dyskusji na temat uzyskanych wyników w szczególności w odniesieniu do deficytu modelu. Wydaje się również, iż użyteczne byłoby przedstawienie wielkości błędów dla poszczególnych pomiarów.

Rozdział 8 – przedstawia podsumowanie uzyskanych wyników. Rozdział ten w dużej części stanowi podsumowanie wyników uzyskanych z pomiarów wskaźnika stożkowego. Podsumowanie stanowi w mojej ocenie zbiór uwag które odnoszą się do spostrzeżeń zawartych w poszczególnych rozdziałach. Z uwagi na brak głębszej dyskusji w przedstawionych rozdziałach zarówno na uzyskane wyniki pomiarowe w odniesieniu do modelu korelacyjnego, do geomechaniki jak i wyników modelu w podsumowaniu również zabrakło tego elementu.

2. Ocena tematu, celu i zakresu pracy

Przedstawiona do oceny praca zawiera część pomiarową, część analityczną oraz eksperymentalną do walidacji części pomiarowej z przedstawionym modelem. Sam pomysł pracy oceniam jako interesujący – biorąc jednak pod uwagę przedstawiony zakres bardziej dopasowanym opisem dokonania byłby wpływ mechanicznych parametrów podłoża na parametry trakcyjne koła jezdnego. Praca przedstawia problematykę oceny warunków wykonywania operacji lotniczych dla lotnisk gruntowych w przedziale rocznym, w którym rozpiętość warunków do ich wykonywania jest znaczna nie tylko z uwagi na możliwości

wykonywania przelotów ale i operacji wykonywanych na ziemi w tym rozumianych jako start i lądowanie.

Biorąc pod uwagę:

- Zwiększający się ruch lotniczy,
- Coraz większe wykorzystanie lotnictwa regionalnego,
- Sytuację geopolityczną, która może dążyć do zwiększenia konieczności wykorzystania lotnisk regionalnych dla lotnictwa cięższego i wojskowego,
- Zmienność klimatyczną.

Zaproponowana praca wpisuje się w nurt potrzeb pozwalających na zbieranie i analizowanie takich danych z uwagi na ich wymienioną wyżej użyteczność.

W przedstawionej pracy wykonano badania, poddano je analizie w celu identyfikacji istotności potencjalnych zależności korelacyjnych dla zagadnień terra-mechaniki wiążąc je z możliwym wykorzystaniem do oceny możliwości wykonywania określonej klasy operacji lotniczych. Praca wpisuje się w nurt zagadnień tematycznych realizowanych przez ośrodki oceniające nośność i zdatność wykorzystania nawierzchni lotniskowych (w tym gruntowych) do wykonywania operacji lotniczych.

Przedstawiona teza pracy oraz cele są związane z długoterminowymi badaniami parametrów terra-mechanicznych w celu powiązania ich z modelem oceny warunków wykonywania operacji lotniczych. Badania te mogą również pozwolić na budowę baz danych stanowiących źródło do wykorzystania w planowaniu innych operacji jak również użyteczności w modelowaniu innych zależności.

Biorąc powyższe pod uwagę **uważam, iż podjęcie zaproponowanej tematyki jest celowe i może być użyteczne** w szczególności w wymienionych wyżej obszarach, a praca z uwagi na jej zakres obejmujący badania analityczne i eksperymentalne oraz wnioskowanie ma charakter praktyczny.

3. Ocena rozprawy

Dysertacja obejmuje swoim zakresem tematykę, która w szczególności na intensywny rozwój lotnictwa, w tym też lotnictwa autonomicznego, jak również zmieniającą się sytuację geopolityczną i Euro-klimatyczną jest aktualnym obszarem badawczym. Wykonane badania oraz zebrane wartości mogą posłużyć jako zasoby kopalniane danych, które będą mogły być wykorzystane nie tylko w tematyce przedstawionej rozprawy. W tym obszarze w szczególności na podjęty wysiłek, uważam te dane za wartość cenną nie tylko w zakresie rozprawy ale również pod kątem jej wykorzystania w innych możliwych działaniach badawczych a także użytecznych. Przedstawiony schemat rozprawy logicznie dzieli elementy procesu badawczego na sekcje związane z identyfikacją problemu, podejściem do przygotowania danych jak również ich analizą i następnie podejściem do budowy modelu pozwalającego na

wnioskowanie o sposobie wykonywania operacji lotniczych odnoszących się w szczególności do procesu startu i lądowania. Całość stanowi poprawnie domkniętą metodologię badawczą pozwalającą finalnie na budowę modelu wnioskująco – decyzyjnego o realizacji operacji lotniczych.

Istotnym mankamentem pracy jest pewien brak uporządkowania w organizacji pracy związanej z:

- Przygotowaniem opisu aktualnego stanu wiedzy w temacie (zarówno badania gruntów jak i odniesienia się do modeli pomiarowych np. tarcia);
- Odniesieniem się do stosowanej metodologii pomiarów zwięzłości gleby w postaci realizowanych badań czy dokumentów normatywnych;
- Szczegółową analizą wyników w szczególności pod kątem powiązania uzyskanych wyników z typem gleby dla wszystkich lądowisk, oraz bardziej szczegółowym odniesieniu się do innych możliwych własności, które mogą wpłynąć na zaburzenia modelu (np. warunki hydrologiczne, ciekły wodny, warunki wietrzne i ich wpływ na pomiary wilgotności);
- Rzeczową dyskusją pozwalającą przedstawić wnioski z pomiarów zwięzłości gleby, pomiarów tarcia czy finalnie eksperymentalnej oceny wyników z prób w locie w odniesieniu do modelu.

Jednakże, przedstawiona do oceny praca zawiera elementy samodzielnego procesu naukowego obejmującego sformułowanie problemu, krótką ocenę stanu wiedzy, realizację procesu pomiarowego, statystyczną analizę danych, opracowanie modelu do oceny sposobu wykonywania operacji lotniczych a jej wyniki mogą mieć znaczenie w aspektach przedstawionych w ocenie rozprawy.

Do podstawowych zalet rozprawy pod względem opisu przedstawionego problemu, wyboru metod i zakresu badań oraz sposobu jego rozwiązania zaliczam:

- a) Ciekawą i użyteczną tematykę, która w dalszej kolejności może być rozwijana poprzez automatyzację modelu – np. z wykorzystaniem uczenia maszynowego i modeli regresji;
- b) Znaczny wysiłek badawczy związany z realizacją pomiarów parametrów zwięzłości gleby, i warunków atmosferycznych dla całorocznych serii pomiarowych;
- c) Dobrze dobrany model statystyczny do testów nieparametrycznych o rozkładzie nie normalnym;
- d) Przedstawione próby walidacji współczynnika oporu toczenia metodami eksperymentalnymi;
- e) Przygotowanie modelu oceny drogi rozbiegu w oparciu o zarejestrowane dane pomiarowe zebrane dla różnych lądowisk;
- f) Wykonanie badań eksperymentalnych walidujących przygotowany model dla wybranego typu statku powietrznego.

Z uwagi na znaczny zakres przeprowadzonych badań i przedstawionych analiz praca nie jest wolna od wad do których zaliczam:

- a) Brak szczegółowego rozpoznania literatury w szczególności w zakresie metod badań i oceny zwięzłości gruntu;
- b) Szereg błędów stylistycznych, literowych oraz syntaktycznych:
 - Str. 20 – ‘normlane’
 - Str.22 – ‘kołaczy’ , ‘takżebw’;
 - Str. 29 – definicja parametru ψ - ...między normalną powierzchnią a pionową ...
 - Str.39 – błędna nazwa analizy korelacji – przejrzyczenie literowe;
 - Str.63 – rozpoczęcie zdania od - Po prostu;
 - Str.70 – błędne nawiązanie do wartości współczynnika oporu toczenia wyznaczonego przez tester ręczny zamiast metody holu dynamometrycznego.
 - Str.70 ... pomiarów długości, ..Punkt zakrzymania;
 - Str. 71 – Stylistycznie błędny podpis pod rysunkiem;
 - Str.81 – character.
- c) Niska czytelność zależności indeksu stożkowego w zależności od pory roku (sugerowane wykresy słupkowe);
- d) Brak definicji i odniesienia do współczynników k_c i k_ϕ w zależności 3.4 na str. 26;
- e) Brak odniesienia do współczynników K_A i K_T w zależności 7.3 i 7.4 na str. 61;
- f) Brak jednostek układu SI stosowanych w opisach wzorów i zależności. Co prawda część z nich jest przytoczona w wykazie skrótów wraz z jednostkami – jednakże redagowanie prac naukowych i technicznych wymaga precyzyjnego odnoszenia się do zapisu zależności wyłącznie z jednostkami – co ułatwia również interpretację zależności – patrz. np. wzór 3.1. str. 24 i kolejne.
- g) Niska czytelność zarejestrowanych wartości średnich współczynnika stożkowego w zależności od wilgotności na rysunkach 6.11 - str. 53 - Rys. 6.15. str. 57. Znaczniki wartości ułatwiłyby analizę.
- h) Krótkie podsumowanie metod wyznaczania zwięzłości wymienionych na str. 59, podkreśla istotny brak opisu obecnego stanu wiedzy.
- i) Dyskusyjne potrzeby określania wartości prędkości w węzłach i m/s dla tego samego układu odniesienia w celu wyznaczenia wartości średniej prędkości statku powietrznego – tablica 7.6.

Są to jednak nieścisłości i wątpliwości niemające charakteru krytycznego, ale wpływające na merytoryczną ocenę pracy jak również wskazujące na możliwości wprowadzenia korekt przy dalszej pracy naukowej.

Pytania i wątpliwości jakie pojawiły się podczas analizy niniejszej pracy są następujące:

1. Czy jest zasadne odwołanie się do norm branżowych dot. charakteryzowania powierzchni tego typu lądowisk np.
 - a) PN-EN 1997-1- Projektowanie geotechniczne - Część 1: Zasady ogólne
 - b) PN-EN 1997-2 Projektowanie geotechniczne - Część 2: Rozpoznanie i badanie podłoża gruntowego.
 - c) PN-EN ISO 14688-1 Badania geotechniczne. Oznaczanie i klasyfikowanie gruntów. Cz.1 Oznaczanie i opis.
 - d) PN-EN ISO 14688-2 Badanie geotechniczne. Oznaczanie i klasyfikowanie gruntów.Cz.2 Zasady klasyfikacji.
2. Na świecie i w Polsce prowadzone są prace mające na celu ocenę nośności powierzchni gruntowych np. pod kątem operowania dużych i wojskowych statków powietrznych. Są one realizowane za pomocą normy „*NO-17-A503:2017 Nawierzchnie lotniskowe. Naturalne nawierzchnie lotniskowe. Badania nośności*”.

Czy autorka analizowała tego typu podejście w ramach którego wyznacza się wskaźnik nośności CBR? Czy są różnice przedstawione w tym podejściu w odniesieniu do przedstawionej pracy?
3. Nawiązując do spostrzeżeń nasuwających się podczas analizy wstępu i rozdziału 1, proszę o uzasadnienie wyboru metody zwięzłości gleby w szczególności w odniesieniu do wymienionych w pytaniu 1 norm branżowych lub innych obowiązujących i aktualnych publikacji badawczych.
4. Czy istnieją literaturowe studia przeglądowe wiążące ze sobą korelację pomiędzy zwięzłością gleby lub jej rodzajem a potencjalnymi zależnościami od warunków atmosferycznych (temperatura, wilgotność, nasłonecznienie lub inne?). Czy możliwe jest zwięzłe przedstawienie studium analitycznego z tych publikacji?
5. Czy zależność 3.8 jest przedstawiona poprawnie? Czy siła uciążu nie równoważy sumy sił oporu (znak sumy zamiast znaku różnicy?).
6. Proszę o wyjaśnienie przyczyn rozrzutów wartości pomiarów współczynnika stożkowego dla temperatury o zbliżonym zakresie. Ten rozrzut proszę wyjaśnić w oparciu o rysunek 6.3. (str. 40). Na rysunku widoczne są znaczne rozrzuty współczynnika stożkowego np. dla temperatury 15 czy 25 stopni lub temperatur w zakresie między 5 a 10 stopni.
7. Dlaczego dla zarejestrowanych wartości średnich współczynnika stożkowego w zależności od wilgotności na rysunkach 6.11 - str. 53 - Rys. 6.15. str. 57 nie ujęto wpływu temperatury?

8. Biorąc pod uwagę zależność 7.5, przedstawioną na stronie 62, proszę o wyjaśnienie stałości wyznaczonych na jej podstawie wartości k_{RR} w tablicy 7.2. Wartości te są prawie niezmiennie pomimo znacznych (kilkukrotnych) zmian wartości współczynnika stożkowego będącego w mianowniku tej zależności.
9. W dalszej części pracy autorka podkreśla możliwość zmienności współczynnika k_{RR} . Biorąc pod uwagę przeprowadzone badania, proszę o wyjaśnienie jakie czynniki wpływają na zmienność tego parametru i jak go modelować analitycznie?

4. Wniosek końcowy

Praca doktorska przedstawiona przez mgr inż. Annę Zalewską - Tytłak oraz zawartość i forma pomimo opisanych wad wskazuje na jej wiedzę i doświadczenie w zakresie metod prowadzenia eksperymentu naukowego oraz podejścia do analizy danych i wnioskowania statystycznego. Ponadto na podstawie przedstawionej pracy uważam, iż doktorantka umie sformułować problem badawczy, przygotować metodologię badań i dokonać oceny wyników.

Podsumowując uważam, że poziom przedstawionej pracy **spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim w rozumieniu art. 13 pkt 7 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. z 2003 r., nr 65 poz 595 z póź.zm)., Rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego (Dz.U. z 2018 r., poz 261)**. W związku z powyższym wnioskuję o dopuszczenie mgr inż. Annę Zalewską - Tytłak do publicznej obrony jej rozprawy.

