

## RECENZJA

rozprawy doktorskiej **mgr inż. Anny Zalewskiej-Tytlak** nt. „Identyfikacja mechanicznych właściwości podłoża nieutwardzonego w aspekcie osiąarów trakcyjnych koła jezdnego”, wykonanej w Katedrze Pojazdów Samochodowych Wydziału Mechanicznego Politechniki Lubelskiej

Podstawą prawną opracowania recenzji było pismo o sygnaturze RDN/IM/235/2024 Z-cy Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Mechaniczna dra hab. inż. Jarosława Bieniasia, z dnia 14 października 2024 r., skierowane do niżej podpisanego oraz zawarta w następstwie Umowa o dzieło o nr ewid. RDN/IM/74/2024.

### 1. Charakterystyka ogólna i ocena formalna rozprawy

Przedłożona do oceny rozprawa doktorska nt. „Identyfikacja mechanicznych właściwości podłoża nieutwardzonego w aspekcie osiąarów trakcyjnych koła jezdnego” została wykonana przez mgr inż. Annę Zalewską-Tytlak. Promotorem rozprawy jest dr hab. inż. Jarosław Pytka, prof. uczelni.

Rozprawa została przygotowana w formie maszynopisu książki zawartym na 154 stronach. Składa się on z 8 ponumerowanych rozdziałów oraz spisu treści, streszczeń w językach polskim i angielskim, a także danych bibliograficznych wykorzystanych źródeł i załączników w postaci tabelarycznego zestawienia wyników pomiarów. Podstawowe elementy treściowe rozprawy ujęto w porządku logicznego następstwa, tj. poczynając od „Wstępu”, następnie jego rozwinięciu w części dotyczącej przeglądu literatury przedmiotu oraz sformułowaniu tezy, celu i zakresu pracy, przedstawieniu metodyki badań własnych, omówieniu wyników oraz sprawdzeniu możliwości ich praktycznego wykorzystania a kończąc na podsumowaniu i sformułowaniu wniosków. Spis bibliograficzny zawarty w nienumerowanym rozdziale „Literatura” zawiera wykaz 110 pozycji źródłowych, głównie angielskojęzycznych (83), wśród których około 50% to artykuły naukowe opublikowane w renomowanych czasopismach. W pracy zamieszczono także wykaz ważniejszych oznaczeń oraz podziękowania. Treść rozdziałów rozprawy stanowi zatem prawidłowo opracowany materiał tworzący spójną całość. Do wydruku rozprawy dołączono informatyczny nośnik danych, na którym zapisano jej tekst oraz w osobnych plikach streszczenie i opis dorobku Doktorantki. Stwierdzam więc, że przedłożona do oceny rozprawa doktorska spełnia wymagania formalne zawarte w Ustawie z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. z 2003 r. nr 65 poz. 595 z póź. zm.) oraz Rozporządzenia MNiSW w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodach doktorskich, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora (Dz. U. z 2018 r. poz. 261).

### 2. Ocena merytoryczna rozprawy

#### 2.1. Dobór tematu

Zagadnieniu współpracy mechanizmu jezdnego z podłożem odkształcalnym, w tym także kół jezdnych samolotów poruszających się po nawierzchni trawiastej, poświęcono w przeszłości wiele uwagi. Złożoność budowy gleby i zmienność jej właściwości oraz zmienność właściwości nawierzchni trawiastej lądowiska powodują, że trudno jest dla takiego podłoża zbudować model matematyczny do wyznaczania osiąarów trakcyjnych mechanizmu

jezdnego samolotu. Poszukiwanie rozwiązania tego problemu wynika z potrzeby zapewnienia bezpieczeństwa użytkownika lotniska o takiej nawierzchni, co nabiera coraz większego znaczenia w związku z postępującym rozwojem gospodarczym, a co za tym idzie zwiększeniem ilości wykonywanych operacji. Ważne jest także, zwłaszcza w aktualnej sytuacji międzynarodowej, przewidywanie możliwości wykorzystania takich lotnisk dla celów militarnych, w tym dla operacji wykonywanych przez wojskowe samoloty transportowe.

Analizując przede wszystkim treść rozdziałów „1. Wstęp”, „2. Właściwości podłoża nieutwardzonego”, „3. Wybrane zagadnienia mechaniki układu podłoża nieutwardzone – koło jezdne” oraz częściowo „7. Wyznaczanie osiągnięć naziemnych samolotu na trawiastym pasie startowym” należy stwierdzić, że Doktorantka wykazała się rozległą wiedzą z zakresu wyżej przedstawionej tematyki, podpierając swoje przemyślenia licznymi przywołaniami materiałów źródłowych. Zwróciła przy tym uwagę na fakt, że wiedza o stanie gruntu jest kluczowym czynnikiem determinującym warunki korzystania z lotniska, a parametrem pozwalającym na uzyskanie informacji o stanie podłoża jest zwięzłość, wyrażona oporem penetrometrycznym (wskaźnikiem CI), który jest wysoce skorelowany z oporem toczenia.

Biorąc pod uwagę aktualny stan badań w zakresie mechaniki kołowy układu jezdny - podłoża odkształcalne oraz treści przedstawione przez Doktorantkę w rozdziałach 1, 2, 3 i 7, stwierdzam, że dobór tematu pracy doktorskiej jest trafny i wystarczająco uargumentowany.

## **2.2. Teza, cel i zakres rozprawy**

Sformułowana przez Doktorantkę teza pracy jest następstwem rozważań przedstawionych w rozdziałach 1,2 i 3, w tym identyfikacji problemu jakim jest stwierdzenie, że cyt. „...pojawia się zatem zapotrzebowanie na skuteczną i przystępną metodę oceny warunków panujących na danym lotnisku.” Zakres pracy wynika z założonego celu głównego, który określił program badań zasadniczych, poszerzonego o weryfikację zaproponowanego modelu osiągnięć trakcyjnych układu jezdny samolotu. Należy w tym miejscu dodać, że poziom ogólności zdań zawartych w rozdziale 4 nie pozwala na udzielenie odpowiedzi na pytanie: jakiego rodzaju pomiary, poza zwięzłością gleby, należało wykonać, aby zrealizować cel rozprawy? Zdaniem recenzenta można było je np. w tym rozdziale wypunktować, co uściśliłoby opis zakresu rozprawy i ułatwiło odbiór dalszej jej treści.

## **2.3. Metodyka badań**

Metodykę badań przedstawiono w dwóch częściach. W rozdziale „5. Badania własne” Doktorantka przedstawiła wyłącznie metodykę badań wykonanych samodzielnie. W rozdziale „7. Wyznaczanie osiągnięć naziemnych samolotu na trawistym pasie startowym”, opisała zaś metodykę wymagającą udziału w badaniach kilkuosobowego zespołu, która pozwoliła na zebranie danych niezbędnych do opracowania i weryfikacji modelu do prognozowania osiągnięć układu jezdny wybranego samolotu.

Przedstawiając metodykę badań własnych (rodz. 5.) Doktorantka rozpoczyna od opisu zastosowanych metod tj. zwięzłości gleby (rozdz. 5.1) oraz wilgotności i temperatury gleby (rozdz. 5.2), a następnie przechodzi do charakterystyki obiektu badań (rozdz. 5.3) i programu badań (rozdz. 5.4). Zastosowana ww. kolejność rozdziałów jest zatem nietypowa, ponieważ charakterystyka zastosowanych metod pomiarowych poprzedza opisy obiektu i programu badań. W przypadku charakterystyki obiektu badań (rozdz. 5.3) zauważa się, że argumentacja wyboru lotnisk jest zasadna, lecz bardzo ogólnikowa. Analizując zaś treść rozdziałów 5.1, 5.2 i 5.4 należy stwierdzić, że zakres przedstawionych informacji jest wystarczający dla zrozumienia toku postępowania i oceny doboru zastosowanych ww. metod pomiarowych. Zdaniem recenzenta metody dobrano właściwe. Są one stosunkowo szybkie, co pozwoliło na przeprowadzenie pomiarów właściwości podłoża wszystkich wybranych lotnisk jednego dnia w każdym zaplanowanym comiesięcznym terminie badawczym.

Analizując treść rozdziału 7. można zauważyć, że Doktorantka prowadziła badania na czynnym lotnisku trawiastym, co wymagało koordynacji działań nie tylko w obrębie zespołu badawczego, ale również z obsługą lotniska. Ograniczenie pomiarów do jednego lotniska, zlokalizowanego w Świdniku, jest zrozumiałe ze względu na przyjęty szeroki program badań oraz na rodzaj i liczbę wykorzystywanych środków technicznych, w tym samolot.

#### **2.4. Wyniki badań, podsumowanie i wnioski**

W Rozdziale „6. Analiza i dyskusja wyników” na 22 stronach opisano rezultaty badań własnych podłoża nieutwardzonego pięciu wybranych lotnisk. Uzyskane dane wynikowe przedstawiono w tabelach i na wykresach, po przetworzeniu bogatego zbioru tzw. „danych surowych”, zawartych na 63 stronach załącznika rozprawy. Wyniki pomiarów poddano analizie stosując właściwie dobrane narzędzia statystyczne. Poszukiwano związków między zmiennymi oraz badano istotność różnic pomiędzy wynikami pomiarów uzyskanymi na poszczególnych lotniskach. Potwierdzony został m.in., znany z literatury przedmiotu, ujemny wpływ wilgotności na zwięźłość gleby. Obliczenia i prezentację wyników wykonano po uprzednim grupowaniu danych w różne układy, co pozwoliło na sformułowanie kilku cennych dla praktyki stwierdzeń.

W rozdziale „7. Wyznaczanie osiągow naziemnych samolotu na trawistym pasie startowym” zaprezentowano wyniki badań ukierunkowane na opracowanie modelu predykcyjnego do wyznaczania oporu toczenia koła, a następnie wykazania przydatności jego wykorzystania do prognozowania długości rozbiegu samolotu. W rozdziale 7. zamieszczono zarówno informacje typowe dla przeglądu literatury i opis zastosowanych metodach pomiarowych, jak i przedstawiono wyniki badań wraz z ich omówieniem. Takie podejście do konstrukcji tej ważnej części rozprawy, choć odbiega częściowo od typowego układu rozprawy doktorskiej, to ułatwia zrozumienie przyjętego na poszczególnych etapach badań toku postępowania oraz ocenę otrzymanywanych rezultatów. Należy zauważyć, że zaproponowany model do wyznaczania oporu toczenia koła jest stosunkowo nieskomplikowany i wymaga m.in. informacji o zwięźłości i wilgotności gruntu oraz o wartości wskaźnika masy zielonej. W tej części rozprawy zauważalna jest także dbałość o rzetelność oceny wyników obliczeń uzyskanych z zastosowaniem zaproponowanego modelu. Weryfikację wyników obliczeń współczynnika oporu toczenia przeprowadzono dwoma metodami eksperymentalnymi, tj. testera ręcznego oraz holu dynamometrycznego. Weryfikację zaś obliczeń długości drogi rozbiegu sprawdzono eksperymentalnie z wykorzystaniem wybranego samolotu wyposażonego w innowacyjne urządzenie IMUMETER oraz porównując je z danymi fabrycznymi PZL 150 Koliber a także dostępnymi danymi z literatury uzyskanymi na innym lotnisku z zastosowaniem tych samych urządzeń technicznych.

W rozdziale „8. Podsumowanie” Doktorantka odniosła się do zrealizowanej pracy doktorskiej i sformułowała wynikające z niej wnioski. Można przy tym zauważyć, że wypunktowane wnioski są szczegółowe i dotyczą tylko rezultatów badań zwięźłości gleb, a nie odnoszą się do opracowanego modelu i jego weryfikacji. Odniesienie się do modelu i jego weryfikacji ma raczej charakter streszczenia, w którym co należy podkreślić są stwierdzenia, które mogą być przyczynkiem do dalszych badań, których kierunek nakreśliła Doktorantka na zakończenie tego rozdziału.

#### **2.5. Znaczenie naukowe rozprawy**

Oceniana rozprawa dotyczy poszukiwania rozwiązania problemu naukowego jakim jest zbudowanie modelu do prognozowania osiągow układu jezdnego samolotu poruszającego się po podłożu nieutwardzonym trawiastego pasa startowego lotniska. Przyjęty zakres badań umożliwił osiągnięcie celu pracy doktorskiej i poszerzenie wiedzy na temat układu koło-

gleba, co ma znaczenie dla rozwoju dyscypliny Inżynieria Mechaniczna. Zebrany bogaty zbiór danych oraz wyniki ich analiz stanowią inspirujący materiał źródłowy dla przyszłych prac naukowych, które mogą przyczynić się m.in. do poprawy bezpieczeństwa użytkowania lotnisk o nawierzchni trawiastej oraz doskonalenia organizacji ich pracy. Uzyskano m.in., że:

- w przypadku lotnisk zlokalizowanych w stosunkowo niewielkiej kilkudziesięciokilometrowej od siebie odległości różnice aktualnej zwięzłości ich podłoży mogą być znaczące i zależeć m.in. od rodzaju gleby;

- w przypadku lotnisk zlokalizowanych w znacznej kilkusetkilometrowej od siebie odległości, a położonych w tej samej lub zbliżonej strefie klimatycznej, całoroczny kierunek zmian zwięzłości ich podłoży może przyjmować podobny trend.

Wykazano również, że możliwe jest obliczenie zaproponowanym modelem, uwzględniającym zwięzłość i wilgotność gleby oraz wpływ roślinności, wartości współczynnika oporu toczenia koła z precyzją porównywalną do terenowych pomiarów dynamometrycznych, co pozwala na wyznaczenie długości rozbiegu samolotu w danych warunkach. Trzeba jednak mieć na uwadze to, że ww. osiągnięcia, odnoszą się do warunków w jakich przeprowadzono badania, a weryfikację ww. modelu przeprowadzono w ograniczonym zakresie.

## **2.6. Uwagi dyskusyjne i szczegółowe**

Za dyskusyjne uważam:

1. Tytuł rozprawy odpowiada ogólnie jej zawartości, lecz biorąc pod uwagę zakres przeprowadzonych badań i ich ukierunkowanie należałoby go uściślić. Jak zatem mógłby brzmieć tytuł rozprawy w przypadku przygotowania jej do druku w formie monografii?
2. Przedstawiona w pracy charakterystyka zwięzłości gleby (rozdz. 2.2) odnosi się przede wszystkim do wpływu czynników naturalnych na wyznaczany wskaźnik CI. Z literatury przedmiotu wiemy, że wynik pomiaru może zależeć także od aspektów technicznych wykonania pomiaru. Stąd pytanie: jakie są zasadnicze różnice pomiędzy różnymi rodzajami penetrometrów i które z czynników konstrukcyjnych mogą mieć wpływ na wynik pomiaru zwięzłości gleby?
3. W pracy (str. 34) czytamy cyt.: „Wybór powyższych lotnisk (rys. 5.4) poparty był faktem, iż w przypadku każdego z lotnisk podłożem jest inny rodzaj gleby.” Zaznaczyć należy, że informacja o rodzaju gleby jest bardzo ogólną charakterystyką podłoża. Stąd pytanie: o jakie informacje można by rozszerzyć opis podłoża, aby precyzyjniej scharakteryzować jego cechy własne, które mają wpływ na kształtowanie się jego właściwości a w następstwie mierzoną wytrzymałość, w tym opór penetrometryczny?
4. W pracy dla poszczególnych lotnisk sprawdzano statystycznie wpływ upływu czasu na zmianę wskaźnika CI. Zauważyć należy, że wynik takiego badania będzie zależał od tego, który miesiąc z całorocznych pomiarów przyjmiemy jako pierwszy. Stąd pytanie: jaki był cel tego badania?
5. Zgodnie z przyjętym celem pracy dążono do opracowania i weryfikacji modelu osiągow układu jezdnego samolotu bazując na wynikach badań całorocznych. Weryfikację modelu przeprowadzono na podstawie rezultatów uzyskanych w trakcie pomiarów wykonanych na jednym lotnisku (Świdnik) w miesiącach kwiecień, maj i czerwiec. Z czego wynikało takie podejście do realizacji tej części pracy?
6. Uwilgotnienie podłoży (gleb) scharakteryzowano za pomocą pomiaru ich wilgotności objętościowej (metoda TDR). Wiadomo ogólnie, że ta sama zawartość wilgoci dla różnych gleb nie oznacza, że mają one np. taką samą podatność na ugniatanie. Stąd pytanie: do jakich przykładowych wartości referencyjnych należałoby odnieść wynik pomiaru wilgotności gleby, aby precyzyjniej scharakteryzować warunki prowadzenia badań terenowych?

Lektura opiniowanej pracy nasuwa następujące uwagi szczegółowe:

1. Nietypowa numeracja podrozdziałów –pojedyncze podrozdziały niższego rzędu w podrozdziałach wyższego rzędu, tj. 3.4.1 w 3.4 lub 3.5.1 w 3.5 oraz 7.2.2.1 w 7.2.2.
2. Niefortunne zdanie (str. 5): cyt. „Podstawę badań stanowiły pomiary zwięzłości gleby przeprowadzone przy pomocy penetrometru, wilgotności gleby przy pomocy wilgotnościomierza oraz temperatury.” Brak jest odniesienia do sposobu pomiaru temperatury.
3. Używanie przestarzałego terminu „skład mechaniczny” – raczej powinno używać się terminu „skład granulometryczny”.
4. Nieprecyzyjne definicje gęstości gleby – str. 10.
5. Nieprecyzyjna definicja wilgotności objętościowej – str. 11.
6. Niefortunne zdanie (str. 16): „Analizując powyżej przedstawioną analizę dostępnych badań...”
7. Wzory 3.1 i 3.2 – zamiast symbolu „CI” powinno być „c”, co pozwoli zachować także jednoznaczność oznaczeń z zastosowanymi na rys. 3.2.
8. Wzór 3.4 – brak objaśnienia niektórych symboli.
9. Niefortunne sformułowanie (str. 28) – „siłę oporu jazdy  $P_j$ , ...”
10. Rys. 3.3 (str. 28): brak objaśnienia symboli użytych na rysunku oraz ich niespójność z symbolami wymienionymi w tekście powyżej.
11. Str. 34: stosowanie skrótowca literowego ICAO bez objaśnienia, czyli dla *International Civil Aviation Organization*.
12. Str. 36 – nieprecyzyjne zdanie cyt.: „Najbardziej pożądane jest, aby w przypadku lotniska występowała jak najmniejsza roczna amplituda wahań zwięzłości.” Może być mała amplituda, ale wartość zwięzłości będzie za mała, aby użytkować lądowisko.
13. Tabela 6.1. – brak w nagłówku słowa wskazującego, które wartości to wilgotność.
14. Str. 57. – niefortunne zdanie cyt.: „Wszystkie odnotowane wartości wskaźnika stożkowego przekraczały 517 kPa, co wskazuje na znaczny stopień gleby.”
15. Str. 62 – niewłaściwy odnośnik do źródła. Jest [105] a powinno być [104].
16. Str. 63 – Zaproponowano model, który jest kluczowy dla realizacji celu pracy. Nie podano jednak informacji o kolejnych krokach, które doprowadziły do przyjęcia jego ostatecznej wersji, co byłoby interesujące dla innych badaczy.
17. Str. 64 – nagłówek tabeli pod tabelą.
18. Rysunki 7.4 i 7.10 – na rysunkach zastosowano opisy w języku angielskim.
19. Tabela 7.6 –kolumna pt. „Uwagi” nie zawiera uwag.
20. Tabela 7.8 – braki w objaśnieniach symboli.
21. Str. 75. Cyt.: „czujnik GPS RTK: częstotliwość nawigacji 25 Hz z deklarowaną dokładnością położenia poziomego 2,5 m i 0,01 m (odpowiednio z RTK i bez);” Raczej powinno być „(odpowiednio bez i z RTK).
22. Tabela 7.13 – podana współrzędne geograficzne nie korespondują z podaną dokładnością długości drogi rozbiegu samolotu.
23. Stosowanie nazwy rysunek zarówno do schematów i wykresów, jak i fotografii.
24. Zauważalne jest nieprecyzyjne posługiwanie się jednostką wilgotności. Reflektometrem TDR mierzymy tzw. wilgotność objętościową gleby. Zapis jednostki powinien wskazywać ten rodzaj wilgotności, tzn. np. % obj. (ang. % vol.) zamiast %.

Przedstawione uwagi nie obniżają znacząco merytorycznej wartości pracy jako przedmiotu w postępowaniu o nadanie stopnia doktora. Dotyczą one głównie strony redakcyjnej rozprawy, nie naruszając jej istoty. Intencją recenzenta było zwrócenie uwagi na jakość edytorską rozprawy w przypadku zamiaru opublikowania jej np. w formie monografii.

### **3. Podsumowanie recenzji i wniosek końcowy**

Podsumowując całość recenzji uważam, że rozprawa doktorska wykazuje ogólną wiedzę teoretyczną Kandydatki w dyscyplinie Inżynieria Mechaniczna i umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej oraz stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego. Stwierdzam zatem, że przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska Pani mgr inż. Anny Zalewskiej-Tytlak spełnia wymogi określone w Ustawie z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. z 2003 r. nr 65 poz. 595 z póź. zm.) oraz Rozporządzenia MNiSW w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodach doktorskich, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora (Dz. U. z 2018 r. poz. 261) oraz wnioskuję o dopuszczenie Doktorantki do dalszych etapów przewodu doktorskiego.



*Dariusz Błażejczak*