

Radom, 3 marca 2022 r.

Dr hab. inż. Mirosław Rucki, prof. UTH Radom  
Wydział Mechaniczny

## RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

p. mgr. inż. Łukasza Goryckiego pt. *Ocena wpływu parametrów konstrukcyjnych i dokładności wykonania bieżni łożysk tocznych na ich moment oporowy*, napisanej pod kierunkiem dr. hab. inż. Włodzimierza Makieli, prof. PŚk, Kielce 2021, 155 s.

Łożyska toczne są stosunkowo niedawnym wynalazkiem, w porównaniu do łożysk ślizgowych, znanych ludzkości od kilku tysięcy lat. Właściwie łożyska toczne powstały w czasach nowożytnych, w dobie uprzemysłowienia, a ich różne konstrukcje były patentowane dopiero w XIX w. Obecnie należą do najbardziej powszechnie stosowanych elementów w budowie maszyn i są wykorzystywane praktycznie we wszystkich gałęziach przemysłu. Będąc stosunkowo prostymi mechanizmami, łożyska toczne pełnią bardzo odpowiedzialne funkcje, często w warunkach wysokich prędkości, wysokich temperatur i wysokich obciążeń zmiennych. Jak słusznie zaznacza pan mgr. Gorycki w rozprawie, „awaria łożyska wartego od kilku do kilkunastu złotych może spowodować znaczące straty wynikające z nieplanowanego zatrzymania maszyny”. Dlatego też trudno przecenić wagę badań naukowych, poświęconych pracy łożysk tocznych. Ogromne zainteresowanie świata nauki tymi zagadnieniami widać w liczbie publikacji: w samym tylko *ScienceDirect* można znaleźć ponad tysiąc artykułów, poświęconych łożyskom tocznym, opublikowanych w ciągu ostatnich 10 lat. Zatem rozprawa dotyczy bogatego i ważnego poznawczo obszaru nauk inżynierjno-technicznych, a w szczególności inżynierii mechanicznej.

### 1. Tytuł, problem i metody pracy

Rozprawa p. mgr. inż. Łukasza Goryckiego składa się ze strony tytułowej, spisu treści (s. 5-8), wykazu ważniejszych skrótów i oznaczeń (s. 9-12), wprowadzenia stanowiącego jednocześnie rozdział I (s. 13-14), czterech rozdziałów (s. 15-140), spisu literatury (s. 142-146), wykazu tablic (s. 147-149), wykazu ilustracji (s. 150-151), streszczenia w języku polskim (s. 152-153) i streszczenia w języku angielskim (154-155). Zasadniczo układ pracy jest poprawny, zastrzeżenie budzi jedynie zdublowanie numerów rozdziałów, zapisywanych raz cyframi rzymskimi, raz arabskimi. Ponadto podsumowanie i wnioski, które dotyczą całości pracy, należałoby potraktować osobno, a nie jako część rozdziału V (podrozdział 5.7).

Dysertacja zatytułowana jest *Ocena wpływu parametrów konstrukcyjnych i dokładności wykonania bieżni łożysk tocznych na ich moment oporowy*. Tytuł jest zrozumiały i wskazuje na podjęte przez autora zamierzenia. Odpowiada też w pełni treści pracy.

We wprowadzeniu doktorant zaznacza: „Głównym problemem przy wyznaczeniu teoretycznej wartości momentu oporowego w łożyskach tocznych kulkowych jest liczba czynników, które mają potencjalny wpływ na moment oporowy oraz mała ilość rozległych i ogólnie dostępnych badań”. W porównaniu do ogólnej liczby publikacji na temat łożysk tocznych, rzeczywiście liczba prac poświęconych badaniom momentu oporowego jest niewielka, co wskazuje na poznawcze znaczenie rozprawy.

W drugim rozdziale pracy została sformułowana teza: „Istotny wpływ na wartości momentu oporowego łożysk tocznych mają parametry konstrukcyjne i technologiczne,

takie jak: współczynnik opasania, kąt pracy, bicie, odchyłka okrągłości i falistość bieżni dotychczas nie uwzględnione w modelach obliczeniowych momentu oporowego”. W opinii recenzenta, teza została sformułowana poprawnie i zawiera element innowacyjności. W dalszej części rozdziału II sformułowano cel pracy. Należy odnotować, że cel, odpowiadający postawionej tezie, określono jasno i precyzyjnie. Podobnie zakres pracy został określony poprawnie, w sposób pozwalający osiągnąć cele i udowodnić postawioną tezę.

Od strony metodologicznej praca zasługuje na najwyższą ocenę. Oprócz analizy literatury, odzwierciedlającej stan wiedzy naukowej w interesującym autora obszarze, przedstawiono też teoretyczne modele stosowane w praktyce oraz przeprowadzono serię badań, mających dostarczyć danych do tworzenia i weryfikacji modeli obliczeniowych. W pracy wykorzystano siedem stanowisk badawczych: do pomiaru drgań, do pomiaru momentu oporowego, do pomiarów geometrii bieżni, zarysów kształtu, bicia, luzu i innych parametrów geometrycznych. Przeprowadzone zostały badania wstępne, na podstawie których uściślono parametry i zakres badań szczegółowych. Zebrane wyniki pomiarów wykorzystano do zamodelowania wpływu wybranych parametrów na moment oporowy, a kiedy okazało się, że wynik nie jest zadowalający, przeprowadzono dodatkowe analizy. Wskazano modele najlepiej dopasowane do danych eksperymentalnych, ze szczególnym uwzględnieniem modelu nieliniowego C&RT (ang. *Classification and Regression Trees*, ‘drzewa klasyfikacyjne i regresyjne’), który zostanie wykorzystany w przyszłych badaniach.

## **2. Ocena formalna**

### **2.1. Źródła i badania**

Wykorzystane źródła są w pełni reprezentatywne dla zamierzonego celu rozprawy. Pomimo pewnych uchybień, wyszczególnionych niżej w podrozdziale „Uwagi krytyczne”, można stwierdzić, że autor rozprawy umie pracować z literaturą przedmiotu, trafnie identyfikuje i poprawnie wykorzystuje źródła w językach polskim i angielskim, sięga do norm branżowych oraz katalogów firm, umiejętnie łącząc problemy przemysłowe i rozwiązania naukowe.

Plan badań, jak wspomniano wcześniej, nie budzi zastrzeżeń. Stanowiska i metody pomiarowe zostały dobrane w sposób właściwy. Godna uwagi jest próba oszacowania powtarzalności pomiarów i zastąpienie jej analizą dokładności momentomierza (rozdz. 4.1.2.1), choć, niestety, niepełny opis procedury i brak zdefiniowania kluczowych pojęć bardzo utrudnia zrozumienie istoty eksperymentu i jego wyników.

Badania podzielono na „wstępne” i „główne”, co może budzić zastrzeżenia terminologiczne, ale metodologicznie jest uzasadnione. Wątpliwość budzi sformułowanie „W czasie wykonywania pomiarów właściwych ich plan uległ zmianie w porównaniu do założeń opartych na pomiarach wstępnych”. Oznaczałoby to, że jednak badania „główne” zaplanowano i przeprowadzono inaczej niż wynikałoby to z wyników badań „wstępnych”. Taka zmiana wymaga szczegółowego opisu, ale, niestety, została potraktowana bardzo skrótowo. Nie umniejsza to jednak wartości samych badań i pozyskanych wyników.

W ramach badań „głównych” wykonano pomiary drgań, luzów, bicia, współczynnika opasania, falistości zarysu i okrągłości, a także momentu oporowego. Wyniki pomiarów podzielono na dwie części: na całych lub zdemontowanych łożyskach (s. 61). Niestety, taki skrótowy opis pozostawia wątpliwość co do procedury i kolejności czynności: czy to były te same łożyska – najpierw całe, a po wykonaniu pomiarów zdemontowane i znowu pomierzone?

Kolejnym etapem badań była analiza statystyczna uzyskanych wyników, utworzenie i wstępna analiza modeli matematycznych, a następnie ich weryfikacja. Na wysoką ocenę zasługują umiejętności autora, który wykorzystał możliwości programu Statistica do analizy regresji wielorakiej za pomocą trzech różnych metod: kroku postępowego, kroku wstecznego oraz „wszystkie efekty”, a także analizy wariancji metodą ANOVA. Nieco utrudnia zrozumienie tekstu brak jasnego rozróżnienia między hipotezą zerową  $H_0$  a hipotezą alternatywną  $H_1$  (s. 29-32 oraz 103), a także niekonsekwentne stosowanie pochylenia i indeksów w zapisie tychże symboli.

Po stwierdzeniu niezadowolających wyników, autor sięgnął również po metodę C&RT, tworząc drzewa o 5 i 8 węzłach. Ta metoda pozwoliła uzyskać interesujące wyniki, które, niestety, nie zostały przedstawione w sposób czytelny. Najważniejszy dla analizy rysunek 5.33, mający przedstawić „Drzewo C&RT – 8 węzłów dzielnych”, ukazuje ten sam schemat, co rys. 5.32. Jednocześnie Tabele 5.74 i 5.75, ewidentnie zawierające wyniki dla drzew o 5 i 8 węzłach, zostały opisane nieprawidłowo, jako dotyczące drzewa 8-węzłowego (s. 135-137).

Niemniej jednak, zarówno metody pomiarowe, jak i metody późniejszej obróbki danych, zostały dobrane i zrealizowane poprawnie, a analiza wyników zapewnia naukową rzetelność wyciągniętych wniosków.

## 2.2. Język rozprawy

Język rozprawy niewątpliwie stanowi jej słabą stronę. Otrzymując do recenzji pracę opublikowaną w postaci książkowej oczekuje się przynajmniej wstępnej korekty tekstu, która najwyraźniej nie została wykonana. Tymczasem w dysertacji jest dużo błędów stylistycznych, gramatycznych i interpunkcyjnych, które znacznie obniżają jakość pracy.

Błędy stylistyczne:

- dwa kolejne zdania zaczynają się słowami: „Do warunków pracy zaliczamy” oraz „Do warunków otoczenia zaliczymy” (s. 13);
- kilkakrotnie pojawia się zwrot „brak jest” (s. 21, 37, 55), spreczny sam w sobie, gdyż albo czegoś brak, albo to jednak jest;
- podobnie w zwrocie „Brak jest istniejących wzorców” (s. 37) jest sprzeczność, bo jeśli wzorce są istniejące, to jak może być ich brak?
- zwrot „istniała możliwość pozwalająca” (s. 13) powinien być poprawiony;
- stylistycznie niepoprawnie brzmi zdanie: „Chcąc zrozumieć i zaobserwować, co wpływa na moment oporowy, należy przeprowadzić badania eksperymentalne” (s. 13);
- w przedostatnim zdaniu na s. 13 dwa razy powtarza się słowo „które”;
- wymienione w zdaniu „zaliczyć można także: luz, drgania, wibracje” (14) słowa „drgania” i „wibracje” są synonimami, zaś wyliczanie sugeruje, że to są dwa różne czynniki;
- powtórzenie w zdaniu „Pozostałe modele przeznaczone do wyznaczenia teoretycznej wartości momentu oporowego [45 – 47] są przeznaczone do konkretnych łożysk” (s. 14);
- nieudane sformułowanie „tym znacznie dochodzi do większej straty energii” (s. 18);
- „w miarę przybliżone określenie” (s. 19) – czy określenie może być ponad miarę przybliżone?
- kilkakrotnie pojawia się zwrot „pomiar eksperymentalny” (s. 61), choć pomiary z zasady mają charakter eksperymentu;
- podpis pod rysunkiem 3.4 „Przykładowe wyniki pomiarów uzyskane za pomocą systemu do pomiaru zarysów kształtu Talyrond 73” jest nieszczęśliwie sformułowany, tym bardziej, że na rysunku jest wydruk uzyskany z tego urządzenia (s. 24);

- niezręcznie brzmi zdanie „Chociaż nie bez wad, ale najczęściej stosowanym testem jest...” (s. 30);
- zdanie „Do pomiarów wykonano na łożyskach 6204” (s. 38) jest ułożone niepoprawnie;
- niepoprawne jest określenie „wyniki pomiędzy niektórymi pomiarami” (s. 39);
- podpis pod rys. 4.4 brzmi „Przykładowe pomiary...” (s. 40), powinno być: „Przykładowe wyniki pomiarów”;
- zapis „w trzech ustawieniach łożyska (rysunek 4.11, rozdział 3.2.4)” stwarza wrażenie, że rysunek 4.11 jest w rozdziale 3.2.4;
- myląco brzmi zdanie: „Przeprowadzono porównanie wyników momentu oporowego trzech grup łożysk (A, E i F) i ich współczynników opasania” (jak można porównywać wyniki momentów i współczynników opasania?);
- na s. 57 są słowa „norm podanych przez”, ale nie ma, przez kogo one są podane;
- modele wykonuje się w oparciu o wyniki pomiarów, a nie o pomiary (s. 62, 66);
- w zdaniu na s. 64 sformułowano problem, czy wykorzystanie powinno być wykorzystane;
- na s. 68 pojawia się sformułowanie: „Kolejnymi parametrami są kolejno”;
- na s. 73 jest mowa o modelu budowanym „na bazie danych zawierających większą liczbę (...) danych”;
- stwierdzenie „słuszność założenia (...) powinna być potwierdzona” (s. 71), podobnie jak „kroki analizy powinny wykazać słuszność” (s. 98), jest zbyt kategoryczne, raczej oczekuje się, że słuszność zostanie potwierdzona dzięki analizie;
- zwrot „lepsze określenie, jak powinien wyglądać właściwy model” jest nieudany, gdyż model nie ma miary „bycia właściwym”, tu raczej chodzi o lepsze dopasowanie modelu do danych empirycznych;
- wyrażenie „modele oznaczane (...) oznacza” (s. 77) jest niepoprawny, raczej można powiedzieć, że „oznaczenie modeli oznacza”;
- niezręcznie brzmi zwrot „w badaniach zawartych w tej części analizy” (s. 83);
- w zdaniu na s. 88 brak podmiotu: „Dlatego też nie będą brane pod uwagę w dalszej analizie”;
- w zwrocie „między grupą wzorcową 1, pozostałymi grupami” (tab. 5.19, 5.20) powinien być spójnik „a”;
- w zdaniu „Z przedstawionych (...) modeli tylko dwa z nich spełniają” (s. 98) zbędne są słowa „z nich”;
- zdanie „Przyjmującą poziom istotności  $\alpha = 0,05$  przyjęto wartość krytyczną  $W_{n,\alpha} = 0,958$ ” (s. 101) jest niepoprawnie zbudowane;
- wyrażenie „wartość Shapiro-Wilka” (s. 101) zapewne oznacza „wartość statystyki  $W$  testu Shapiro-Wilka”;
- w zdaniu „nie ma podstaw do przyjęcia założenia o prawdziwości hipotezy zerowej” (s. 105) wyrażenie „założenia o prawdziwości” jest zbędne;
- w sformułowaniu „jak poszczególne grupy łożysk w grupach jednorodnych wpływają na końcowy wynik” zapewne chodzi o wpływ na wynik przynależności łożyska do grupy, gdyż nie grupa, tylko jej charakterystyczne parametry wpływają na wynik;
- ostatnie zdanie na s. 134 jest niepoprawnie skonstruowane, co uniemożliwia zrozumienie;
- ostatni akapit na s. 137 rozpoczyna zdanie nadmiernie złożone, z dwukrotnym użyciem zaimka „który”, bardzo trudne w odbiorze;
- zdanie „A także porównanie momentu oporowego do parametrów takich jak trwałość oraz drgania” (s. 152) nie ma orzeczenia, poza tym chyba nie da się

porównywać tak różnych wielkości fizycznych, jak moment, trwałość i drgania. Te same uwagi dotyczą tłumaczenia tego zdania na angielski (s. 154).

#### Błędy interpunkcyjne:

- w języku polskim obowiązują zasady interpunkcji podczas tworzenia wypunktowanych list, które nie są przestrzegane w pracy (s. 15, 39);
- na końcu pierwszego akapitu na s. 27 zamknięto cudzysłów, ale go wcześniej nie otwarto, więc nie wiadomo, gdzie zaczyna się cytat;
- kiedy odsyłacz do literatury jest na końcu zdania, nieraz kropka jest przed odsyłaczem, a powinna być po nim (s. 28, 33, 34, 49);
- zdarza się też, że kropka jest zarówno przed, jak i po odsyłaczu (s. 27, 28);
- lista symboli we wzorze (3.13) kończy się przecinkiem, powinna być kropka (s. 29);
- po tytułach często pojawia się kropka, niezgodnie z zasadami polskiej interpunkcji (s. 29, 35, 41, 43, 44, 45, 47, 48, 68 i in.);
- podobnie kropki nie powinno się stawiać na końcu podpisów pod rysunkami (s. 36, 37, 43, 45, 48, 52 i in.) oraz tytułów tabel (s. 38, 39, 40, 47, 48, 56, 57, 59, 63, 64, 65, 66 i in.);
- we wzorach (3.20-3.22) przed wielokropkiem powinien być przecinek: „0, 1, ..., K” (s. 31);
- niezgodnie z normami typograficznymi w pracy używa się łącznika „-” zamiast półpauzy „-” dla oznaczenia myślnika (s. 33, 34, 35, 36, 38, 39, 62);
- odwrotnie, półpauza ze spacjami została użyta zamiast łącznika na s. 49;
- z kolei w zdaniu „w każdej z k badanej grupy łożysk – rozkład momentu oporowego jest normalny lub zbliżony do normalnego” (s. 103) zastosowanie myślnika jest nieuzasadnione;
- kropka powinna być zawsze po znaku cudzysłowu, a pojawia się przed nim (s. 49);
- na s. 76, 119, 152 i 154 otwarty nawias nie został zamknięty;
- na części wykresów w opisie osi jednostki podano po przecinku (np. rys. 3.1), a na części w kwadratowych nawiasach (rys. 5.4-5.16);
- kilkakrotnie występuje błędne użycie dwukropka (s. 92, 97, 98, 102, 103, 105, 108, 117, 118), m.in. w zdaniu „Wyniki przedstawiono w tabelach: 5.17 i 5.18 oraz na wykresach rys.: do 5.12 do 5.16” (s. 89), w języku polskim dwukropka nie stawia się wtedy, gdy szczegóły są podane za pomocą dwóch wyrazów połączonych spójnikiem „i” oraz jeśli w pierwszej części zdania nie ma uogólnienia (*Słownik poprawnej polszczyzny*, red. A. Markowski, PWN, Warszawa 2008, s. 1584);
- brak konsekwencji w odniesieniu do numerów wyników, które raz są podawane jako liczebniki porządkowe z kropką (np. „od 1. do 16.”), a innym razem jako numery (np. „od 17 do 25”) (s. 96);
- brak przecinka przed „który” (s. 137) oraz przed „czy” (s. 152).

#### Błędy gramatyczne:

- „przykład przedstawia rysunku” (s. 17);
- zwrot „współczynnik opasania” na s. 21 powinien być w liczbie mnogiej, podano bowiem trzy współczynniki opasania;
- w zwrocie „model jest w 100% dopasowany danych” (s. 28) najwyraźniej brakuje przyimka „do”;
- „dla tego” (s. 29) powinno być bez spacji;
- w ostatnim zdaniu pierwszego akapitu na s. 37 sformułowanie „promień obudowy, w którym znajduje się” sugeruje, że łożysko jest w promieniu (rodzaj męski), a nie w obudowie (rodzaj żeński);
- zwrot „chcąc zachowanie” (s. 38) jest niepoprawny gramatycznie;

- w zdaniu „Do analizy odtwarzalność wykorzystano” (s. 38) słowo „odtwarzalność” powinno być w dopełniaczu;
  - w tabeli 4.6 jest „Oznaczeni” zamiast „Oznaczenia”;
  - w tabeli 4.7 jest „poniżej prędkość granicznej”, powinno być „prędkości” (dopełniacz);
  - w zwrocie „prędkości obrotowa” s. 55 „prędkość” powinna być w mianowniku;
  - w zwrocie „oprogramowanie udostępniony” imiesłów przymiotnikowy powinien być w rodzaju nijakim, jak rzeczownik;
  - w zwrocie „wyniki pomiar” (s. 66) słowo „pomiar” powinno być w dopełniaczu;
  - w wyrażeniu „istnieje podstawa uwzględnienia” (s. 68) opuszczono przyimek „do”;
  - w zdaniu „łożysko C5 mające największy moment” czasownik „mieć” jest orzeczeniem i nie powinien być w formie imiesłowu przymiotnikowego czynnego;
  - zdarzają się zdania niemające podmiotu i orzeczenia, np.: „W funkcji następujących parametrów: obciążenia osiowego, prędkości obrotowej, współczynników opasania, okrągłości, falistości, bicia i luzu” (s. 75-76); „Z tablic: 5.17 i 5.18” (s. 92);
  - w ostatnim zdaniu na s. 117 brakuje orzeczenia (domyślnie wychodzi, że tabele są jednorodne);
  - w zdaniu „błędu związanego z przejściem zaobserwowanego wyniku” ewidentnie powinno być słowo „przyjęciem”;
  - zapewne do literówek należy odnieść zapis „Współczynnik ziemności” zamiast „zmienności” (s. 99) oraz „Test Tukeya” zamiast „Tukeya” (rys. 5.19 na s. 104);
  - gramatycznie niepoprawne są napisy w niektórych tabelach, np. „Moment Średnie”, „Moment Ważnych” (tu pojawia się też problem ze znaczeniem tego terminu), „Moment Minimum” (tab. 5.26, 5.29, 5.33, 5.40);
  - zdanie „Wszystkie obciążenia analizę grup” jest zupełnie niezrozumiałe (s. 120).
- Błędy skrótów:
- skrót „obr/min” kilkakrotnie pojawia się w błędnej formie „obr./min” (s. 55);
  - skrótowe objaśnienie „l. danych - k” (s. 105) wymagałoby wyjaśnienia, tym bardziej, że należy się domyślać, iż jest łącznik zamiast myślніка, a  $k$  to zmienna.

### 2.3. Struktura pracy

Kompozycja dysertacji zasługuje na wysoką ocenę, gdyż jest przejrzysta i funkcjonalna, odzwierciedlająca zamierzenia autora i kolejne etapy badań i analiz. Po wprowadzeniu przedstawiono tezę, cel i zakres pracy, po czym przedstawiono aktualny stan wiedzy, w kolejnych podrozdziałach wyodrębniając charakterystykę parametrów, opis modelu matematycznego oraz dodatkowe analizy (ANOVA i C&RT).

Po wprowadzeniu teoretycznym następuje część badawcza, w której najpierw opisano stanowiska badawcze, następnie badania wstępne, z których wyciągnięto wnioski o dalszych badaniach określonych mianem „główne”. Dalej przedstawiono wyniki pomiarów drgań, luzów, momentu oporowego, bicia, współczynnika opasania, a także falistości i okrągłości.

W ostatnim rozdziale zostały przedstawione wyniki analizy pozyskanych danych, które miały na celu wyłonienie modeli najlepiej dopasowanych do danych eksperymentalnych i uwzględniających wymienione wyżej parametry łożysk. Osobno została przedstawiona analiza statystyczna i modele cząstkowe, a osobny podrozdział poświęcono ocenie opracowanych modeli. Rozdział V kończą analizy dodatkowe, opis modelu końcowego, podsumowanie i wnioski.

Taki układ pracy jest logiczny i w pełni odpowiada postawionym celom oraz obranej metodologii. Zastrzeżenie jedynie budzi umieszczenie ogólnych wniosków z całości w rozdziale V. Taki zabieg nieco osłabia wagę wyciąganych wniosków, stwarzając wrażenie braku ujęcia całościowego.

### **3. Ocena merytoryczna**

Ocena merytoryczna rozprawy jest pozytywna. Autor podjął się bardzo trudnego zadania, polegającego na zamodelowaniu pracy łożyska tocznego z uwzględnieniem takich czynników, które nie są zazwyczaj brane pod uwagę, a jednak wpływają na trwałość łożysk. Taki cel ma cechy innowacyjności, a jego realizacja wnosi ważną wartość poznawczą do wiedzy naukowej w dyscyplinie „inżynieria mechaniczna”. W trakcie realizacji zamiarów autor był zmuszony rozwiązywać problemy, pojawiające się w trakcie realizacji programu badań i analizy wyników. Złożona dysertacja dowodzi, że doktorant potrafi rozwiązywać problemy inżynierskie i naukowe oraz znajdować dodatkowe możliwości analiz w razie otrzymania niezadowolających wyników. W szczególności, taki charakter mają dodatkowe analizy, które po wielu obliczeniach i porównaniach pozwoliły znaleźć lepsze rozwiązanie niż testowane wcześniej modele liniowe.

Planowanie eksperymentu, opisane w rozdz. V, jest metodologicznie poprawne, ze wskazaniem najistotniejszych elementów powiązanych z celem badań. Podany na s. 76 program wykonania testów zdaje się obejmować najważniejsze kombinacje, zgodnie z celami rozprawy. W opinii recenzenta, w celu lepszego uporządkowania materiału i wyodrębnienia charakteru wielkości wpływających na wynik pomiaru momentu obrotowego można było zastosować diagram Ishikawy lub podobny. Jednak należy nadmienić, że również w obecnej postaci planowanie eksperymentów i analiza uzyskanych wyników nie budzi zastrzeżeń metodologicznych.

Rozprawa dostarcza ważnych informacji dotyczących trudności z zachowaniem warunków powtarzalności podczas pomiaru momentu obrotowego dużej liczby łożysk, a także zależności momentu obrotowego od szeregu parametrów geometrycznych łożyska oraz warunków pracy. Kolejny ważny wniosek praktyczny dotyczy niskiej dokładności modeli liniowych i konieczności budowania modeli nieliniowych. Na s. 138 wyartykułowano bardzo ważną obserwację, która jednocześnie stanowi zadanie na przyszłość: „Określenie przyczyny istotnych różnic między tymi modelami a modelami dla pozostałych grup może pozwolić na stworzenie bazy/wzorca do tworzenia modeli dla dowolnego podtypu”.

To wszystko składa się na wysoką ocenę merytorycznej strony rozprawy.

### **4. Uwagi krytyczne**

Podobnie jak każde dobre zamierzenie, a szczególnie jego realizacja, recenzowana rozprawa nie jest pozbawiona wad i uchybień, obniżających jakość prezentacji wyników i czasami utrudniających zrozumienie. Należy jednak zaznaczyć, że liczne uwagi krytyczne nie umniejszają wartości naukowej przedłożonej rozprawy. Ze względu na różny charakter zauważonych błędów i nieścisłości, uwagi zostały podzielone na grupy, dotyczące edycji tekstu, terminologii, prezentacji danych naukowych oraz cytowania literatury.

#### **4.1. Edycja tekstu**

Praca zawiera cały szereg błędów dotyczących edycji tekstu, m.in.:

- wykaz oznaczeń (s. 9-12) nie jest w porządku alfabetycznym, co utrudnia korzystanie z niego; ponadto tym samym symbolem  $d$  oznaczono średnicę otworu

- łożyska (s. 9) i średnicę kulki (s. 11), a innym symbolem  $r_k$  oznaczono zarówno promień kulki (s. 22), jak i parametr korelacji (s. 28);
- zdarza się niekonsekwentne stosowanie symboli, np. w tabeli 4.1 jest wielkość  $M_{180s}$ , która niżej jest objaśniona jako  $M_p$  (s. 38);
  - w pracy nie jest stosowana zasada pisania symboli czcionką pochyloną, na s. 11 w wykazie oznaczeń  $y_i$  jest czcionką prostą, kolejne przypadki są na stronach 18, 19, 22, 24, 25, 27-33, 38, 39, 40, 76, 78 i in.);
  - z kolei zapis pochyloną czcionką  $R^2$  i  $\overline{R^2}$  sugeruje, że  $i$  też jest zmienną (s. 95);
  - w niektórych przypadkach również zapis indeksów dolnych nie został zachowany (np. w tab. 5.6 powinno być  $w_{opw}$ , a wygląda, jakby to były dwie zmienne:  $w_o$  i  $p_w$ , podobnie w tab. 5.7 i 5.8);
  - w innych z kolei zmienne pisane przedtem jako ciąg liter *Sea*, *Kea* i in. pojawiają się z zapisem w postaci indeksów dolnych  $S_{ea}$ ,  $K_{ea}$  i in. (por. tab. 5.9 i 5.10);
  - niektóre słowa są bezzasadnie zapisane pochyloną czcionką, np. słowa „łożyskowym, ponieważ” (s. 21);
  - jednostka N·mm jest zapisywana bez znaku mnożenia, tylko ze spacją (N mm, np. s. 18, 48, 53, 63, 75), co tworzy niejednoznaczności w tekście;
  - zamiast znaku mnożenia jest czasami gwiazdka \* (s. 40, 81, 97, 98);
  - na s. 20 brakuje wzoru (3.7);
  - na s. 33 jest odwołanie do rys. 3.7, powinno być 3.6;
  - często powtarza się sytuacja, kiedy tabela albo rysunek jest wspomniany w tekście, ale znajduje się na innej stronie lub nawet w innym rozdziale, np. tabela 3.1 wspomniana jest na s. 23, a znajduje się na s. 25, tabela 4.11 jest opisana w rozdz. 4.3.5, a umieszczona w rozdz. 4.3.4, tabela 5.6 znajduje się w rozdz. 5.2.1, a jej opis w następnym podrozdziale, zaś rys. 4.8 jest umieszczony w podrozdziale 4.1.3, a opisany w 4.1.4;
  - część rysunków nie jest wzmiankowana w tekście (np. rys. 3.4, 3.5, 4.8, 4.9, 4.10, 4.11, 4.15);
  - najwyraźniej pomyłkowo kropka po pierwszym zdaniu na s. 31 jest podkreślona;
  - jak się zdaje, indeks górny „0” we wzorze (3.23) znalazł się pomyłkowo (s. 32);
  - wyjaśnienie angielskiego terminu powinno zawierać informację, z jakiego języka pochodzi zwrot, a sam termin zapisany pochyloną czcionką, np. „ang. *Classification and Regression Trees*” (s. 33) czy „ang. *data mining*” (s. 140);
  - w kilku tabelach tekst jest niedopasowany do rozmiarów komórek, przez co niektóre słowa i liczby są rozbite na dwie linijki (tab. 5.11-5.14, 5.25, 5.30, 5.31, 5.32, 5.35-5.39, 5.42-5.73);
  - kilkakrotnie bez widocznego uzasadnienia pojawia się pusta linijka, oddzielająca kolejne akapity (np. s. 82, 97, 101, 103);
  - w legendzie niektórych rysunków pojawia się błędny zapis „?Z” (5.4-5.10) zapewne zamiast  $\Delta Z$ ;
  - wydaje się, że ma miejsce pomyłkowe powtórzenie w zwrocie „Model (5.2)(5.2)” na s. 97;
  - chyba pomyłkowo oznaczenie “\*” jest wyróżnione na czerwono na s. 97, gdyż na stronie następnej to samo oznaczenie pojawia się w normalnym czarnym kolorze;
  - w kilku tabelach (tab. 5.25-5.28, 5.30-5.32, 5.34-5.39, 5.41-5.47) pojawia się zapis niezgodny z zasadami pisowni: „p < ,05” (przed przecinkiem brak zera)

#### 4.2. Terminologia

W rozprawie pojawiają się błędy związane z używaniem terminów, m.in.:



- pojęcie trwałości nie zostało poprawnie zdefiniowane (s. 17), pomimo przywołania dwóch właściwych pozycji literaturowych [28,94] pozostała sprzeczność: „trwałość określa czas pracy” i „trwałość podaje się w milionach obrotów” (czasu nie mierzymy w obrotach);
- drgania zaliczono do parametrów (s. 17), podczas gdy według definicji słownikowej drgania to są zmiany układu fizycznego (por. <https://encyklopedia.pwn.pl/haslo/drgania;3894261.html>), które same mają własne parametry;
- wśród parametrów wymieniono zarys okrągłości oraz falistość (s. 21) – zapewne chodzi o podane w nawiasach parametry charakteryzujące zarys okrągłości i falistość, bo przecież sam zarys nie jest parametrem;
- wątpliwości wzbudza określenie „parametry bicia” (s. 23), zdefiniowanie pojęć znacznie ułatwiłoby zrozumienie intencji autora;
- podobnie niezrozumiale brzmi zwrot „poszczególne parametry dokładności obrotu” (s. 23);
- pojęcia „odtwarzalność” i „powtarzalność” nie zostały zdefiniowane (s. 37), stąd późniejsze niepoprawne użycie tych terminów, np. na s. 39, pierwszy akapit od góry, jest zdanie: „Tabela 4.2 zawiera końcowe wyniki analizy odtwarzalności”, tymczasem Tabela 4.2. ma tytuł „Wyniki analizy dokładności momentomierza STPM”, rozumiane jako odniesienie do urządzenia wzorcowego, a nie jako odtwarzalność;
- pojawiają się pojęcia „p-wartość” i „p-value” (s. 30), należałoby ujednoczyć lub ewentualnie wskazać, dlaczego używa się i polskiego, i angielskiego terminu;
- wyrażenie „określenie normalnego rozkładu” (s. 30) jest niepoprawne, chodzi raczej o określenie normalności rozkładu (czy rozkład jest normalny);
- wyrażenie „końcowy wynik momentu” (s. 37) zapewne oznacza wynik pomiaru momentu oporowego;
- wyrażenie „pomiarów powtarzalności łożyska” (s. 39) jest błędne, gdyż łożysko nie może być powtarzalne;
- na s. 40 jest mowa o „warunkach przechowywania łożyska pomiędzy pomiarami” i innych wielkościach wpływowych, których obecność zdaje się nie spełniać kryterium powtarzalności serii pomiarów – przywołanie normy JCGM 100:2008 uporządkowałoby korzystanie z przyjętych terminów;
- w pierwszym zdaniu na s. 48 pojawia się określenie „wyniki momentu oporowego”, choć tabela zawiera poprawny opis: „Wyniki pomiaru momentu oporowego” („wyniki momentu” występują też w innych partiach tekstu, np. na s. 103);
- zamiast „dziesiątych” użyto słowa „dziesiątych” (s. 53);
- zdania „zdecydowano się na usunięcie uszczelki ze wszystkich łożysk. Przykładowe wyniki pomiarów przedstawiono na rysunku 4.16” (s. 54) stoją w sprzeczności z rys. 4.16, na którym są wyniki dla łożyska z uszczelnieniem;
- w zdaniu „Pomiary falistości uzyskano w identyczny sposób jak pomiary okrągłości” zapewne chodzi o wyniki uzyskane z identycznego pomiaru, tym bardziej, że z jednego pomiaru można obliczyć i okrągłość, i falistość zarysu;
- na s. 67 jest mowa o „analizie korelacji grup (współczynnik opasania, okrągłość, falistość i bicie)” (s. 67), co wprowadza niejednoznaczność terminologiczną, gdyż wcześniej na „grupy” podzielono łożyska według parametrów konstrukcyjnych i geometrycznych (s. 51);
- dodatkowo utrudnia odbiór odwołanie się do grup 4 i 6 (s. 92), kiedy wcześniej grupy łożysk oznaczono literami A-E (s. 57), podobnie na rys. 5.32 są grupy od 1 do 4, co nie pasuje do wcześniejszych podziałów łożysk na grupy;

- kolejnym utrudnieniem jest odniesienie do „podtypu” łożysk (s. 133) – nie wiadomo, czy chodzi o wyodrębnione wcześniej grupy, czy o coś innego;
- na s. 68 pojawia się niezrozumiałe wyrażenie „na poziomie poszczególnych pomiarów”;
- na s. 82 użyto w jednym zdaniu dwóch terminów na określenie jednego desygnatu: „wersje modelu” oraz „modele”, co wymaga ujednolicenia (w ostatnim zdaniu tejże strony jest jeszcze termin „warianty modelu”);
- jak się zdaje, z powyższego wynika niejasność w ostatnim akapicie podrozdziału 5.4.1 (s. 98), gdzie omawiane są trzy modele, ale dwa z nich jednocześnie są traktowane jako jeden model;
- użycie terminu „potencjalny” wydaje się niewłaściwe w odniesieniu do uszkodzeń (s. 75) oraz poprawek (s. 98);
- zdanie „Współczynnik zmienności resztowej określa bezwzględną miarę błędu” (s. 99) nie jest prawdziwe, gdyż współczynnik zmienności to względna miara zróżnicowania podawana w procentach, która z definicji nie może określać bezwzględnej miary błędu;
- takie czynniki, jak ułożenie łożyska, smar itp. (s. 140) należy zaliczyć do wielkości wpływających na wynik pomiaru, których kontrolowanie jest konieczne dla spełnienia warunku powtarzalności pomiarów.

#### 4.3. Prezentacja danych naukowych

Szereg krytycznych uwag dotyczy sposobu prezentacji danych i wyników, m.in:

- ze sformułowania „zdecydowano się podać wyniki badań w jednostkach stosowanych w przemyśle łożyskowym” (s. 21) nie wynika, jakie są to jednostki, i dalszy tekst tego nie wyjaśnia;
- ze zdania „Za wyjątkiem stanowiska do pomiaru bicia wszystkie stanowiska badawcze znajdują się na Politechnice Świętokrzyskiej w Laboratorium Badania Łożysk lub w Laboratorium Komputerowych Pomiarów Wielkości Geometrycznych” nie wynika, gdzie znajdują się które urządzenia, szczególnie stanowisko do pomiaru bicia (s. 34);
- rozróżnienie stanowisk pomiarowych jest czasami według skróconych nazw (s. 34-36), a czasami według lokalizacji (s. 37-38), co utrudnia zrozumienie;
- poważnym utrudnieniem w odbiorze prezentowanego materiału jest przedstawienie stanowisk pomiarowych bez odpowiedniego oznaczenia i opisu głównych elementów (s. 35, 36, 41-46);
- w szczególności, nie jest jasne, co w stanowiskach STPP określono mianem „głowica”, tym bardziej, że w odniesieniu do rys. 4.7 jest mowa o ruchu głowicy, a na rysunku jest tylko końcówka pomiarowa (s. 41-43);
- słabo widoczne napisy na rys. 4.3 (s. 37), 4.12 (s. 48);
- brak definicji powtarzalności i odtwarzalności, a także dokładności urządzenia  $DP$  przy braku opisu procedur wyznaczania tych wielkości znacznie utrudnia zrozumienie podrozdziału 4.1.2.1 (s. 37-41), choć należy nadmienić, że dzięki poprawności przeprowadzonej analizy ten element rozprawy jest bardzo wartościowy;
- w niektórych tabelach brakuje jednostek (tab. 4.2, 4.4, 4.12, 4.13, 5.3, 5.5, 5.33, 5.34, 5.35 i in.);
- na niektórych wykresach brak opisu osi (rys. 4.4, 4.13), czasami nie są podane jednostki (rys. 5.2, 5.3, 5.20-5.31), brak też legendy dotyczącej prezentowanych krzywych (rys. 4.4);
- na wykresie 4.4 błędnie oznaczono  $M_s$  jako różnicę między  $M_{max}$  i  $M_{min}$ , a nie jako średnią wartość momentu zgodnie z definicją na s. 38;

- z pierwszego akapitu podrozdziału 4.2 nie wynika, jakie parametry i czynniki zostały odrzucone i dlaczego (s. 46);
- pierwsze zdanie podrozdziału 4.2.2 brzmi: „Pomiary momentu oporowego przeprowadzono na momentomierzu STMP (tabela 4.5)” (s. 47), tymczasem tab. 4.5 zawiera parametry pracy podczas pomiarów, co zostało powiedziane w pierwszym zdaniu na s. 48;
- na s. 49 pojawia się stwierdzenie: „Analiza wykazała znaczące różnice w wynikach pomiaru”, ale znaczące różnice były również w pomiarach momentu pojedynczego łożyska, powtórzonych kilkakrotnie (tabela 4.3). Czy te różnice są „bardziej znaczące” niż tamte?
- kilkakrotnie w opisie wyników pomiarów pojawia się stwierdzenie „znaczące różnice” (s. 39, 49, 55, 57, 75, 88, 92, 108, 115, 127), co pozostawia wątpliwość: jak bardzo znaczące one są i jakie jest kryterium zaliczenia różnic do znaczących lub nieznaczących? Dotyczy to także wielokrotnie powtarzającego się zwrotu „znaczący wpływ” (s. 20, 47, 49, 61, 73, 76, 134, 139);
- podobnie ze zdania „Liczba łożysk, w których przynajmniej jeden parametr bicia przekroczył granice podane w normach, była znacząca” (s. 65) nie wynika, jaka była ta liczba, i według jakiego kryterium uznano ją za znaczącą;
- ze zdania „Po przeprowadzeniu dodatkowej analizy stwierdzono, że pozostałe różnice wynikające z ich podtypu nie wpływały na wyniki badań” (s. 51-52) nie wiadomo, w jaki sposób to zostało stwierdzone, dalszy tekst też tego nie wyjaśnia;
- na rys. 4.15c są pokazane „zmodyfikowane uszczelki”, ale nie jest wyjaśnione, na czym polega zmodyfikowanie tych uszczelk;
- na s. 53 jest mowa o łożyskach, wykorzystanych do badań kontrolnych (momentomierza), ale nigdzie w pracy badania kontrolne nie są opisane, wyróżniono jedynie badania „wstępne” i „główne”;
- wyniki pomiaru luzu (tab. 4.8) powinny być odniesione do tolerancji lub innych wartości porównawczych;
- na s. 55 jest zdanie: „Moment brany pod uwagę w analizie to średnia momentu w obszarach I (100 N, 12 000 obr./min), II (150 N, 12 000 obr./min) i III (200 N, 12 000 obr./min) (rysunek 4.17)”, tymczasem na rys. 4.17 jest jednakowe obciążenie i trzy różne prędkości obrotowe, a obszary I, II i III nie są zaznaczone;
- w tabeli 4.9 obok średniej należałoby wskazać odchylenie standardowe lub inny parametr rozrzutu wartości momentu;
- podobnie parametry rozrzutu powinny być podane w tab. 4.10, gdzie najwyraźniej są podane największe i najmniejsze wartości uzyskane z pomiarów;
- stwierdzenie „Dodatkowo łożyska, których wartości parametrów bicia były największe, nie osiągnęły podczas badań wyróżniających się wartości momentu oporowego” (s. 57) wymaga przedstawienia wykresu zbiorczego momentu i bicia;
- z rozdz. 4.3.5 (s. 58) nie jest jasne, czy wszystkie łożyska zostały poddane operacji demontażu, czy tylko wybrane;
- stwierdzenie „wyniki są dosyć zróżnicowane” (s. 58) wymaga oceny ilościowej;
- w niektórych tabelach (np. 4.13, s. 60) jedne wyniki są zapisane z dwoma miejscami po przecinku, inne z trzema, a jeszcze inne z czterema – należałoby określić, które miejsce jest znaczące i konsekwentnie zaokrąglić liczby;
- ze sformułowania „podzielone zostały na dwie części: na całych lub zdemontowanych łożyskach” nie jest jasne, czy to były te same łożyska – najpierw całe, a po wykonaniu pomiarów zdemontowane i znowu pomierzone;
- badania są zaplanowane poprawnie, ale opis na s. 62 nie jest do końca jasny;

- w pierwszym akapicie na s. 63 w pierwszym zdaniu jest powiedziane, że „przedstawiono wszystkie pomiary”, a w drugim, że tylko „wybrane”;
- w tabelach 5.6, 5.7, 5.8, 5.9 i 5.10 rubryka „Parametry pomiaru” jest ewidentnie w niewłaściwym miejscu;
- niezrozumiały jest opis „12 kombinacji pomiarów momentu oporowego oraz wszystkich wyników pomiaru momentu oporowego” (s. 68) a także sensowność dwukrotnego wykonania analizy wzmiankowana w następnym zdaniu (jak dwukrotność analizy ma się do wyników pomiaru bicia? Czy chodzi raczej o powtórne obliczenie po odrzuceniu wyników, uzyskanych dla łożysk z nadmiernym biciem?);
- podsumowanie, że „nie można zaobserwować istotnej korelacji” (s. 70) wymaga podanie wartości odniesienia, jaka korelację uznano by za istotną;
- na s. 73 jest podana wartość  $|0,9|$ , której nie znalazłem w powiązanej z tekstem tab. 5.9;
- w drugim akapicie na s. 73 jest wspomniana, ale nie podana „wartość krytyczna”, należałoby ją podać;
- na s. 73 jest mowa o „nieściśłości w wynikach regresji wielorakiej”, ale nie wyjaśniono, jaki charakter noszą te nieściśłości;
- na s. 73 jest wypunktowany wniosek, dotyczący „wprowadzenia zmian”, ale nie jest jasne, jakich konkretnie zmian to dotyczy;
- na niektórych rysunkach nad wykresem jest skrótowy opis (np. „Wykres prawdopodob Moment” na rys. 5.1 czy „Skategor. wykres ramka-wąsy: Moment” na rys. 5.3, 5.21, 5.22, 5.24, 5.25, 5.27, 5.28, 5.30, 5.31, czy też „Drzewo dla Moment” na rys. 5.32 i 5.33), który należałoby napisać gramatycznie poprawnie
- na niektórych rysunkach nad wykresem jest zbędny nagłówek, który powtórzono w podpisie pod rysunkiem (rys. 5.2-5.17, 5.21, 5.22, 5.24, 5.25, 5.27, 5.28, 5.30, 5.31);
- zdanie „Z analizy rysunku 5.1 wynika, że wyniki momentu oporowego dla poszczególnych grup łożysk wykazują rozkład normalny,  $p < 0,05$ ” wprowadza czytelnika w błąd, ponieważ rozkład normalny wynika nie z rysunku, tylko z danych znajdujących się na zrzucie ekranu, umieszczonym w postaci rys. 5.1;
- na s. 88 są wypunktowane wnioski, podczas gdy tytuł podrozdziału 5.3.2.2 nazywa „obserwacje”, co nie jest to samo;
- na s. 98 jest zdanie: „Ten warunek spełnił również model (5.3), przedstawiony w rozdziale 5.3.3”, tymczasem we wskazanym rozdziale był tylko model (5.2);
- ostatni akapit podrozdziału 5.4.3 zdaje się zawierać błędy w opisie, gdyż odchylenie standardowe 0,3011 dotyczy modelu (5.3), a  $0,3 < 0,4$ , czyli (5.3) ma mniejsze odchylenie standardowe;
- pozostawiając bez komentarza znaczenie uzyskanych wyników autor znacznie obniża wartość analizy, np. podsumowujące zdanie podrozdziału 5.4.5 „Dla takich wyników jednoznacznie można odrzucić hipotezę zerową mówiącą o normalności rozkładu reszt” (s. 101) nie wyjaśnia, czy w kontekście prowadzonych badań otrzymano pozytywny (zadowolający) wynik, czy negatywny (niezadowolający);
- na s. 103 jest podany podział analizy na etapy, lecz w dalszej części rozprawy wypunktowania nie są opisane jako etapy, co bardzo utrudnia odbiór prezentowanych wyników;
- wzór ogólny na s. 105 warto wynieść osobno i nadać mu numer;
- tytuł tabeli 5.26 brzmi „Zestawienie średnich wartości momentu oporowego”, podczas gdy w tabeli są parametry statystyczne, w tym średnie wartości momentu;
- na niektórych wykresach, gdzie jest tylko jedna krzywa, legenda jest zbędna (np. rys. 5.20);
- na s. 108 pomyłkowo przywołano tabelę 2.29 zamiast 5.29;

- na s. 124 jest mowa o „tych modelach liniowych”, nie jest jasne, o które konkretnie modele liniowe chodzi;
- ostatnie zdanie na s. 126 jest niezrozumiałe: wychodzi, że wpływ jest mały, ale zmiany znaczące;
- na s. 129 pojawiają się dwa określenia jakościowe, dotyczące badanego wpływu: „bardziej zauważalny” i „istotny”, trzeba by dokonać też oceny ilościowej;
- podobnie oczekuje się oceny stwierdzonego faktu, że wartości nie przekraczają 0,5 (pkt. 5 na s. 130);
- na s. 133 wspomniano „wybrane parametry”, ale z powodu natłoku informacji trudno jest zrozumieć, które autor ma na myśli – należałoby to uściślić, wymieniając je;
- na s. 134 dwukrotnie podano wartość „~150,38 N” z dokładnością 100 razy większą niż dane empiryczne, więc znak przybliżenia jest tu zbędny, a jeden znak po przecinku w zupełności wystarczyłby do osiągnięcia postawionych celów;
- na rys. 5.32 podano wartość nacisku 150,380168085418 N z dwunastoma miejscami po przecinku, prędkość obrotowa 13798,8716314528 obr/min z dziesięcioma, a wartości luzu 0,00975 (mm?) z pięcioma, co nie ma uzasadnienia;
- w tab. 5.74 powtórzono tytuł tabeli, w dodatku z błędem („predyktorów” zamiast „predykatorów”), a w nagłówku najwyraźniej błędnie podano, że wyniki dotyczą 8 węzłów, a nie 5;
- w tabeli 5.75 pojawia się zapis „R-kwadrat” zamiast wcześniej stosowanego  $R^2$ ;
- stwierdzenie, że nie otrzymano „dobrego modelu” (s. 137) wymaga określenia „miary dobroci”, czyli kryterium, według którego uznano by model za dobry;
- to samo dotyczy określenia „dobrze dobrana metoda” (s. 137);
- na s. 139 w odniesieniu do obciążenia osiowego powiedziano, że wykryty wpływ potwierdza przyjęte założenia, zaś na s. 76 stwierdzono, że wpływ ten jest potwierdzony w innych badaniach, a „niniejsze badania nie mają na celu potwierdzenia tego faktu”;
- na s. 140 w pkt. 3 jest mowa o wpływie luzu, co wymaga odniesienia do założenia wyartykułowanego na s. 55: „brak jest podstaw do przeprowadzania dodatkowej analizy mającej na celu stwierdzenie, czy znaczące różnice w wartości luzu mogłyby mieć istotny wpływ na wartość momentu oporowego”;
- zdanie „Najlepiej widoczne było to w analizie poprawności, gdzie główną zmienną było, ile razy zostało zdemontowane/zamocowane łożysko na wał pomiarowy” jest zbędne, gdyż w pracy nie umieszczono „analizy poprawności” i nie opisano takich pomiarów, gdzie główną zmienną była ilość demontaży i zamocowań łożyska;
- ostatni akapit (s. 140) jest zbędny, gdyż nie trzeba prowadzić badań, by się przekonać, że utworzenie dokładnego modelu jest trudne.

#### 4.4. Cytowanie literatury

Pewne błędy popełniono też w zakresie cytowania literatury, m.in:

- zbyt ogólnikowo zacytowano badania „Prace nad zwiększeniem efektywności i jakości pracy łożysk, a także zmniejszeniem zużycia energii są podejmowane przez wiele ośrodków naukowych [3, 41, 43, 59, 66]” (s. 13), tak że nie wiadomo, jakie z tych ośrodków prowadzą które z tych badań;
- w ostatnim zdaniu na s. 14 autor zapewne ma na myśli ogólną liczbę prac badawczych, uwzględnionych w danej rozprawie, inaczej powstaje wrażenie, że liczba 5 (pierwsza grupa cytowań) jest mniejsza niż liczba 4 (ostatnia grupa);
- przytoczona na s. 16 pozycja [60] nie zawiera takiego stwierdzenia;
- praca [10] nie wspomina o czynnikach związanych z produkcją, co sugerowałby tekst (s. 16);

- podobnie praca [26] nie wspomina o jakości ani o czynnikach związanych z produkcją (s. 16);
- rys. 3.1 (s. 18) pochodzi z literatury [80], co nie zostało wskazane w tekście;
- nie jest jasne, czy przywołany na s. 19 katalog [84] zawiera wszystkie podane wzory, czy tylko (3.7);
- po cytacie dosłownym na s. 27 są podane trzy źródła [69,70,90];
- norma ISO 15242-1 cytowana na s. 35 powinna być włączona do spisu literatury;
- na s. 49 jest obszerny cytat z literatury [5], który nie wiadomo, do czego się odnosi i jaką pełni rolę;
- jedno ze zdań rozpoczyna się słowami „W artykule przedstawiono analizę porównawczą” (s. 49), lecz nie jest przytoczony żaden artykuł;
- w spisie literatury zapis bibliograficzny jest niekonsekwentny, czasami niepełny (np. w poz. [1] brakuje roku i miejsca wydania, w poz. [22] nie podano numeru artykułu, w [29] nie podano numerów stron, w [44] brak roku, w [45] brak miejsca wydania, itp.);
- niektóre pozycje są błędnie opisane, np. tytuł [7] jest po angielsku, podczas gdy cytowany artykuł jest w języku polskim, pozycję [29] opisano jako książkę, tymczasem jest to artykuł recenzyjny dotyczący danej książki, pozycje [30] i [31] są podane jako osobne książki, tymczasem to są rozdziały w jednej monografii, poz. [59] to artykuł opisany jak książka, podano niepełny tytuł i dane pozycji [64], nie podano danych monografii dla rozdziału cytowanego [75];
- spis literatury zdaje się składać z kilku części, oddzielonych pustymi linijkami, gdzie pogrupowane są artykuły i książki, katalogi, normy, strony internetowe i patenty, jednak bez podtytułów podział ten wprowadza więcej niejasności;
- normy nie są poprawnie opisane w spisie literatury, a niektórych norm, wspomnianych w tekście, nie ma w spisie literatury;
- w spisie literatury są też liczne literówki.

## 5. Pytania do doktoranta

W związku z zagadnieniami, omawianymi w pracy, nasuwa się kilka pytań:

- na s. 49 pojawia się stwierdzenie: „Na podstawie wyników pomiarów wstępnych określono (...) trzy prędkości obrotowe dla pomiarów głównych: 8 000, 10 000 i 12 000 obr/min”. Powstaje pytanie: w jaki sposób z pomiarów przy prędkościach obrotowych 15000 i 20000 można wywnioskować, że należy wykonać pomiary główne przy prędkościach 8000, 10000, 12000?
- z obu przykładów na rys. 4.13 i 4.16 wynika, że zwiększenie prędkości obrotowej nie wpływa na moment oporowy. Jak to wytłumaczyć?
- czy parametry geometryczne łożysk po demontażu (pkt. 2 na s. 61) zostały odniesione do zmierzonego wcześniej momentu oporowego?
- na s. 81-82 jest omawiany model opisany wzorem (5.1), i zostaje powiedziane, że „ $Fa$  i  $n$  są parametrami, których pojawienie się w takim modelu było pewne”. Dlaczego w takim razie przy  $n$  jest współczynnik zero?
- na s. 102 w tab. 5.23 i 5.24 są podane wartości błędu względnego w tysiącach procentów. Proszę to skomentować w kontekście celów rozprawy.

## 6. Wniosek końcowy

Końcowa ocena formalna pracy jest pozytywna. Składa się na to poprawnie sformułowana teza, prawidłowo zaplanowane i przeprowadzone eksperymenty, wszechstronna analiza otrzymanych danych oraz odpowiednio wyciągnięte wnioski. Istotnym elementem pozytywnej oceny jest innowacyjność i metodologiczna

poprawność rozprawy. Doktorant wykazał się umiejętnością korzystania z literatury przedmiotu oraz prowadzenia badań eksperymentalnych, a w szczególności umiejętnością posługiwania się różnymi metodami statystycznymi w analizie wyników pomiarów. Na tej podstawie stwierdzam, że zarówno od strony formalnej, jak i merytorycznej, praca p. mgr. inż. Łukasza Goryckiego pt. *Ocena wpływu parametrów konstrukcyjnych i dokładności wykonania bieżni łożysk tocznych na ich moment oporowy* spełnia wymogi stawiane rozprawom doktorskim. Z tego powodu wnioskuję o dopuszczenie p. mgr. inż. Łukasza Goryckiego do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Mirosław Rucki

.....  
Dr hab. inż. Mirosław Rucki, prof. UTH Radom