

Poznań, 23.03.2023

prof. dr hab. inż. Michał Wieczorowski  
Zakład Metrologii i Systemów Pomiarowych  
Instytut Technologii Mechanicznej  
Wydział Budowy Maszyn i Zarządzania  
Politechnika Poznańska  
ul. Piotrowo 3  
60-965 Poznań  
tel.: +48 61 6653570  
e-mail: [michal.wieczorowski@put.poznan.pl](mailto:michal.wieczorowski@put.poznan.pl)

**Ocena rozprawy doktorskiej**  
**mgr. inż. Adama Olko**

**Wpływ parametrów procesu wyważania wolnoobrotowego na dokładność wyznaczania niewyważenia resztkowego wybranych elementów wirujących silnika lotniczego**

**Podstawa recenzji**

Pismo Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Rzeszowskiej im. Ignacego Łukasiewicza numer RM-530-06-01/2022 z dnia 30 listopada 2022 roku.

**1. Wprowadzenie**

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska jest związana z wyważaniem, jako bardzo istotnym procesem, którego celem jest wyeliminowanie niepożądanych drgań i wibracji, jakie mogą prowadzić do uszkodzenia maszyny lub obniżenia jej wydajności. Ich źródłem mogą być m.in. nierówności w materiałach, niedokładności w produkcji, zużyte elementy, czy też niewłaściwe ułożenie lub zmontowanie maszyny. Wyważanie jest ważnym etapem produkcji i użytkowania maszyn, ponieważ pozwala na zapewnienie ich stabilnej pracy, minimalizację zużycia elementów, a także zwiększenie ich wydajności i trwałości. Sam proces polega na równoważeniu masy elementów obracających się w maszynie, takich jak wirniki, koła zębate, wały itp. Poprawne wyważenie zapewnia, że maszyna będzie działać stabilnie i bezpiecznie, co jest szczególnie ważne w przypadku dużych prędkości obrotowych.

W technice istnieją różne metody wyważania, w tym statyczne i dynamiczne. Metoda statyczna polega na umieszczeniu elementu na specjalnej wadze i równoważeniu go poprzez dodawanie lub usuwanie masy, a metoda dynamiczna wykorzystuje specjalistyczny sprzęt, taki jak np. analizator drgań, który mierzy drgania i pomaga w określeniu, gdzie dodatkowa masa powinna być dodana lub usunięta. Do wyważania wykorzystuje się specjalne narzędzia, które pozwalają na precyzyjne określenie położenia ciężarów i ich wielkości. W zależności od rodzaju maszyny, wyważanie może odbywać się na różnych etapach produkcji lub w trakcie serwisu, a także wymagać różnych technik i narzędzi.

Wyważanie wolnoobrotowe jakie występuje w pracy jest bardzo ważnym procesem w silnikach lotniczych, ponieważ drgania i wibracje w tym przypadku mogą prowadzić do uszkodzenia silnika, a tym samym zwiększyć ryzyko awarii i wypadków lotniczych. Proces wyważania wolnoobrotowego polega na równoważeniu mas elementów silnika, takich jak wał korbowy, koła zębate, wałki rozrządu i turbiny. W tym celu stosuje się zwykle wyważarki dynamiczne, które umożliwiają dokładne pomiary drgań i wibracji w różnych częstotliwościach. Podczas procesu wyważania nie zawsze jest możliwe osiągnięcie zupełnie idealnej równowagi, co oznacza, że pozostają niewielkie różnice w masie elementów. Te niewielkie różnice nazywane są niewyważeniem resztkowym i temu właśnie zagadnieniu poświęcona jest niniejsza rozprawa. Niewyważenie resztkowe jest zatem pojęciem odnoszącym się do nierównomiernego rozłożenia masy w elementach maszyn, które pozostało po procesie wyważenia. Jest ono szczególnie ważne w przypadku maszyn obracających się z dużymi prędkościami, takich jak wirniki, wały, koła zębate, wentylatory itp.

Biorąc powyższe pod uwagę, podjęta przez Doktoranta tematyka jest istotna i aktualna. Pomimo bowiem faktu, że na temat niewyważenia istnieje mnóstwo publikacji, rozpatrujących zarówno aspekty teoretyczne, modelowe jak i praktyczne, nowe podejście, które pozwoliłoby uzyskać lepsze efekty zawsze spotyka się z przychylnym stanowiskiem. Szczególnie, jeśli praca jest efektem udziału w programie ministerialnym Doktorat Wdrożeniowy, a zatem jej wynik musi znaleźć zastosowanie praktyczne i zostać wdrożony w konkretnym rozwiązaniu bądź sytuacji. Podjęcie tematu rozprawy należy zatem uznać za jak najbardziej uzasadnione i trafne zarówno pod względem naukowym, jak i użytecznym.

## **2. Omówienie rozprawy**

Przedstawiona do recenzji dysertacja złożona jest z 7 rozdziałów oraz rozdziałów nie-numerowanych, wśród których jest bibliografia, 6 załączników merytorycznych, wykazu ważniejszych oznaczeń, spisu rysunków i tablic, streszczenia w języku polskim i angielskim, a

także oświadczenia potwierdzające wyniki badań. Manuskrypt jak na rozprawę doktorską jest bardzo obszerny i w całości liczy 264 strony, pisane z pojedynczym odstępem. Zawartość merytoryczna została bardzo starannie przygotowana pod względem graficznym, co z pewnością jest istotną wartością pracy. Treść pisana jest ponadto bogato ilustrowana, co pomaga w interpretacji toku rozumowania Autora.

Rozdział pierwszy (Wprowadzenie) stanowi wstęp do pracy i przedstawia informacje wprowadzające czytelnika w zagadnienia związane z dysertacją, czyli wyważaniem i jego rolą w wytwarzaniu napędów lotniczych.

W rozdziale drugim Autor przeprowadził analizę obecnego stanu wiedzy z zakresu wyważania wirników sztywnych. Omówiono w nim krótko główne moduły konstrukcji turbowentylatorowego silnika lotniczego, po których następują wymagania dotyczące niewyważenia elementów wirujących silników lotniczych. Znalazły się tu przyczyny i skutki niewyważenia, terminologia, oprzyrządowanie i akcesoria, a także wymagania i zasady związane z wyważaniem, jego korekcja i opis urządzeń stosowanych do jego kompensacji. W tej części pracy znajduje się również podrozdział poświęcony modelowaniu w procesach kontroli drgań oraz analizy wymagań ze strony produkcji. Cały rozdział kończy się wnioskami i podsumowaniem analizy literatury.

Rozdział trzeci zawiera cel, hipotezę i zakres pracy. Weryfikacji podlega hipoteza, że spośród różnych parametrów konstrukcyjnych i procesowych wyważania wolnoobrotowego, największy wpływ na dokładność wyznaczania niewyważenia resztkowego mają prędkość wyważania, konfiguracja wyważarki i tarcie w obszarze styku.

Począwszy od rozdziału czwartego rozpoczyna się badawcza część pracy. Rozdział ten zatytułowano: Metodyka badań i przedstawiono w nim bardzo różne aspekty działań o charakterze poznawczym. W szczególności opisano plan realizowanych badań, stanowisko badawcze i teoretyczne zagadnienia związane z oszacowaniem powtarzalności i dokładności wyników.

Rozdział piąty przedstawia badania określone jako wstępne. Zawarto w nim część teoretyczną dotyczącą modelowania cech dynamicznych wirnika sztywnego, czyli model fizyczny i matematyczny ruchu obrotowego, model procesu wyważania wirnika sztywnego przez korekcję masy w dwóch płaszczyznach i model procesu wyważania jedno płaszczyznowego wąskiego wirnika sztywnego. Następnie Autor scharakteryzował model ruchu obrotowego wirnika sztywnego z niewyważaniem. Kolejne podrozdziały to analiza korzyści z wdrożenia wyważarki nieobrotowej i wpływ posadowienia wyważarki na niewyważenie resztkowe. W dalszej części Doktorant zajął się wpływem rozgrzewania wyważarki na zmianę napięcia paska

napędowego i prędkością wyważania. Omawiając błędy nastawcze związane z procesem kontroli niewyważenia przedstawiono błędy odległości płaszczyzn i metodę obliczenia niewyważenia w płaszczyznach środkowych podpór. W tym rozdziale Autor opisał także obszar kontaktu rolka-czop, przedstawiając cechy charakterystyczne stykających się powierzchni rolki łożyskowej z czopem wirnika oraz kontrolę i zarządzanie jakością smarowania, a także czas rozprężania i jego wpływ na powtarzalność uzyskiwanych wyników. Rozdział kończy podsumowanie analizy czynników wpływających.

W rozdziale szóstym znajduje się prezentacja części badawczej określonej jako badania zasadnicze, odnoszące się do powtarzalności i dokładności wyważania. W pierwszej części przedstawiono czynniki wpływające na powtarzalność i dokładność wyważania. Następnie omówiono wyniki badania jakości wyważania jednopłaszczyznowego na wyważarce nieobrotowej, badania wpływu posadowienia maszyny i napięcia paska napędowego. Kontynuując część badawczą przedstawiono badanie wpływu umiejscowienia paska napędowego, prędkości wyważania i konfiguracji wyważarki uwzględniającej bazę wymiarową. Kończąc rozdział Autor omawia badanie wpływu lokalizacji płaszczyzn wyważania, smarowania podpór rolkowych i czasu rozprężania. Rozdział kończy podsumowanie i wnioski z badań zasadniczych.

Siódmy, ostatni numerowany rozdział pracy to podsumowanie, wnioski i elementy oryginalne pracy. Zawarto w nim także kierunki dalszych badań oraz - bardzo skrótowo wdrożenie wybranych wyników badań.

Jak już wspomniano, rozdziałem nienumerowanym zamykającym pracę jest literatura, obejmująca 180 pozycji w tym książki, artykuły, normy i zalecenia oraz strony internetowe. Nie dostrzegłem wśród nich niestety autorskich i współautorskich opracowań Doktoranta ocenianej rozprawy.

Wśród dodatkowych rozdziałów nienumerowanych w pracy znajdują się załączniki merytoryczne, oznaczone literami od A do F. Zamieszczono tu kod programu do analizy URR, kod programu do tworzenia wykresów niewyważenia w układzie biegunowym, arkusz programu do obliczania powtarzalności pomiarów na wyważarce, porównanie oprzyrządowania do wyważania elementów silników lotniczych, procedurę wyważania z kompensacją przez obracanie wirnika względem oprzyrządowania oraz procedurę kalibracji użytkownika.

### **3. Ocena rozprawy doktorskiej**

Przedstawiona do oceny praca doktorska jest obszernym opracowaniem na temat wyważania. Nie jest to kompendium wiedzy, ponieważ informacje są wybrane i nastawione na cel użyteczny. Z pewnością analizując zagadnienie Doktorant zdobył nową dla niego wiedzę, dość

mocno ukierunkowaną na konkretną aplikację z jaką ma do czynienia w swojej praktyce przemysłowej, stając się z pewnością fachowcem w obszarze wyważania elementów napędowych silników lotniczych. Z uwagi na całościowy układ i kolejność rozdziałów i podrozdziałów, a także podział treści, praca nie jest łatwa do analizy, jako że przeplatanie się ciągów znaczeniowych i myślowych jest bardzo różne od ogólnie przyjętej i właściwej kolejności. Niemniej, starając się wyodrębnić to co najważniejsze, mam przekonanie, że postawiona przez Doktoranta teza pracy została udowodniona, prędkość wyważania, konfiguracja wyważarki i tarcie w obszarze styku mają istotny wpływ na niepewność wyznaczania niewyważenia resztkowego, co jest zrozumiałe i dość oczywiste. Piszę tutaj niepewność, ponieważ zdecydowanie unikałbym w tym kontekście określenia dokładność, mając świadomość definicyjnego znaczenia tego pojęcia. W mojej ocenie osiągnięto również główny cel pracy, którym było określenie istotnych parametrów procesu wyważania wolnoobrotowego i ich wpływu na niewyważenie.

Zapoznając się z treścią manuskryptu nasunęły mi się pewne uwagi w stosunku do treści, które mogą być dla Doktoranta punktem wyjścia do dalszego doskonalenia warsztatu naukowego i edytorskiego, a także do przemyśleń odnośnie dalszych publikacji. Wśród takich uwag są następujące:

- 1) Układ pracy. Kolejność rozdziałów i podrozdziałów jest dość nietypowa i nie można stwierdzić, że w pełni tworzy układ spójny i logiczny. Rozprawa doktorska ma ściśle określony tok postępowania, a określone treści powinny się znaleźć w określonych miejscach. Tymczasem w części badawczej pojawia się teoria, w badaniach zasadniczych pojawia się metodyka, a we wnioskach analiza literatury. Na tym polu Doktorant może jeszcze wiele dokonać.
- 2) Wśród pozycji literaturowych nie dostrzegłem niestety autorskich i współautorskich opracowań Doktoranta ocenianej rozprawy. Być może brak doświadczenia publikacyjnego jest przyczyną braku umiejętności ułożenia treści publikacji naukowej. Pozostaje mi mieć nadzieję, że chociażby w trakcie realizacji doktoratu jakieś publikacje się pojawiły.
- 3) Celem pracy doktorskiej jest zdobycie nowej wiedzy, która dotychczas jest zupełnie nieznaną, lub chociaż nie jest powszechna. To wymaga wyjścia poza normy, a ta praca jest bardzo kurczowym trzymaniem się norm. Tłumaczenie wymaganiami lotniczymi nie ma tu uzasadnienia, gdyby wszyscy tworzący coś dla lotnictwa trzymali się norm i zaleceń, ta gałąź przemysłu nie byłaby w stanie się rozwinąć. Mam tego pełną świadomość, mimo mojej bardzo aktywnej działalności jako delegata Polski w Komitecie Technicznym ISO. Jednocześnie warto z norm wykorzystać to co trzeba i tylko to co trzeba, bez przekonania, że wszyscy konkretne normy muszą znać.

- 4) W odniesieniu do terminu „dokładność”, dobrze mieć świadomość, że jest ona jedynie pojęciem jakościowym, a nie ilościowym (słownik VIM). Przy pracy o tak silnym pierwiastku metrologicznym byłoby również wskazane bliższe zaprzyjaźnienie się z terminem „niepewność”.
- 5) Ważna jest precyzja wypowiedzi, mam pełną świadomość, że na wczesnym etapie pracy naukowej jest to trudne, ale warto o to walczyć. Mam tu na myśli świadomość definicji pojęć oraz jasne i ściśle wyrażanie myśli. Dotyczy to także opisów rysunków.
- 6) Wprowadzenie. Godne podkreślenia jest ciekawe wprowadzenie historyczne zawarte w tym rozdziale.
- 7) Strona 9. Skąd taki podział maszyn i komponentów? W technice występują jeszcze inne turbiny, a turbiny dentystyczne też pod względem generacyjnym można zaliczyć do energetycznych
- 8) Strona 11. Turbiny dentystyczne to też medycyna
- 9) Strona 11. Staramy się unikać cytowania wielu pozycji w formie [2-11]. Warto w takiej sytuacji pokazać, co każda z tych prac wnosi do doktoratu.
- 10) Rozdział 2 - analiza literatury. Ten rozdział nie jest właściwie klasyczną analizą literatury, ale zbiorem pojęć potraktowanym podręcznikowo. Opiera się w dużej mierze na normach, a nie publikacjach naukowych. Jakkolwiek analiza literatury pojawia się dopiero w podrozdziale 2.2.5 i później w 2.3. Analiza pojawia się również w podrozdziale 2.5, w którym powinny się znaleźć jedynie wnioski z tej analizy. Jaki to ma sens?
- 11) Rysunek 2.2. To nie jest schemat, ale zdjęcie, nie dotyczy silnika, ale jego fragmentu.
- 12) Rysunek 2.3. To nie jest droga transmisji drgań tylko fragment samolotu.
- 13) Spora część rozdziału 2 jest napisana tak, jakby drgania i niewyważenie to było to samo. A tak nie jest. Jedną z przyczyn drgań jest też problem ze sztywnością konstrukcji.
- 14) Rozdział 2.2.1 ma tytuł Przyczyny i skutki niewyważenia. Po dwóch stronach znów pojawiają się Przyczyny niewyważenia jako tytuł rozdziału nienumerowanego. Jaki sens ma zatem tekst przed tym? A gdzie są skutki?
- 15) Jeśli rozdział 2.2 to wymagania dotyczące niewyważenia, to terminologia (podrozdział 2.2.2) powinien być albo na samym początku, albo jako oddzielny podrozdział wyższego rzędu. W rozdziale tym powinny się znaleźć określenia i definicje, a tego często brakuje (np. dla wyważania - podano, że jest to operacja wykonywana na częściach obrotowych według procedury... - i tu długi opis procedury. To nie jest definicja. Nie ma też definicji niewyważenia, a tego dotyczy praca, ani definicji poszczególnych rodzajów). Jest natomiast dość oczywista i nie bardzo konieczna definicja łożyska ślizgowego.

- 16) W terminologii (2.2.2) opisano różne rodzaje niewyważenia. Praca dotyczy niewyważenia resztkowego, a takiego nie wymieniono. Dlaczego?
- 17) Na stronie 23 pojawia się dopuszczalne niewyważenie resztkowe. Nie podano, co ten termin oznacza, tylko przykład wystąpienia. W doktoracie należy podać co Autor przez to rozumie. Podobnie w kwestii niewyważenia resztkowego właściwego.
- 18) Bardzo rozbudowany jest podrozdział 2.2.3, w stylu podręcznikowym. Czy to konieczne?
- 19) Dokumenty ISO to po polsku normy, a nie standardy.
- 20) Nie policzyłem ile razy Autor powołuje się na normy [61] i [64] ale z pewnością ponad 100. Podobnie bardzo często występują powołania na normę [66] i opracowanie [12]. Trochę to budzi wątpliwości we wkład Autora i konieczność praktycznie przepisania takich długich fragmentów norm.
- 21) Na stronie 34 jest nienumerowany rozdział: Klasy dokładności wyważania... . Niestety treść tego podrozdziału dotyczy zupełnie innych zagadnień. Podobnie jest z podrozdziałem: Określenie wymaganej dokładności... na stronie 37. Ten podrozdział jest bardzo krótki, a kończy się powołaniem na 14 pozycji literaturowych. Może warto to rozwinąć, podając dlaczego akurat te publikacje i co w nich się znajduje?
- 22) Podrozdział 2.2.6 ma tytuł: Wyważarki i wyważanie. O wyważarkach nic tu nie ma, opisano je w poprzednim podrozdziale, 2.2.5. Skąd ten tytuł? Większość rozdziału 2.2.6 to kopia normy [64]. Czy takie przepisanie jest konieczne?
- 23) Rozdział 4. Autor używa pojęć: wyważarki nad- i podkrytyczne. Dlaczego w rozdziale 2 nie wyjaśniono, co to znaczy?
- 24) Rozdział 4 to metodyka badań. Jak w to wpisuje się podrozdział 4.3.2? Czy on nie powinien być w rozdziale 2?
- 25) Rozdział 5 to badania wstępne. Badania, a nie rozważania teoretyczne. Czy nie lepiej, aby podrozdział 5.1 i 5.2 były potraktowane jako odrębny rozdział dotyczący modelowania? Jaki sens ma w rozdziale o badaniach wstępnych analiza korzyści z wdrożenia wyważarki nieobrotowej (podrozdział 5.3)? W ogóle w tym rozdziale jest bardzo mało badań i ich wyników, co mocno sugeruje zmianę tytułu, może na teoretyczne rozważania o wpływie wielkości....? Badań nie ma w podrozdziale 5.4.1 (posadowienie wyważarki a dokładność odczytu), 5.6 (prędkość wyważania) i 5.7 (błędy nastawcze związane z procesem kontroli niewyważenia).
- 26) Rozdział 6 to badania zasadnicze powtarzalności i dokładności (z zastrzeżeniem pojęciowym, definicyjnym). Zaczyna się on od 6.1 czyli czynników wpływających. Czy to nie

powinno się pojawić wcześniej, co najmniej w badaniach wstępnych? Cały ten podrozdział to plan badań, czyli w zasadzie treść rozdziału 4.

- 27) Strona 121. Co to jest potwierdzenie jakości wyważania?
- 28) Strona 122. Wyważarkę umieszczono w specjalnie zaprojektowanej kabynie przeciwwietrznej. Dalej pojawia się osłona przeciwwietrzna. Czy kabina i osłona to to samo? Jeśli tak, to na czym polegało specjalne zaprojektowanie osłony?
- 29) Strona 122. Stanowisko umieszczono w pomieszczeniu klimatyzowanym. Czy uwzględniono wymagania wynikające z normy ISO 1?
- 30) Strona 123. Ile wynosi odległość 10 A?
- 31) Jaka jest nowość badań w rozdziale 6, skoro - jak wynika z opisu - wszystkie procedury zostały opisane w normach lub zaleceniach?
- 32) Strona 132. Zastosowano innowacyjną wyważarkę nieobrotową. Co konkretnie jest w niej innowacyjnego? Czy jest to konstrukcja Autora?
- 33) Strona 136. Opisując wyniki w tabeli 6.9, w której występuje błąd względny podano, że zwiększono dokładność. Błąd względny to nie jest dokładność.
- 34) Jako konkluzję z podrozdziału 6.3 podano, że przytwierdzenie sztywne daje lepsze wyniki niż zastosowanie wibroizolatorów. Czy to nie wynika z dokumentacji producentów tych urządzeń?
- 35) Podrozdział 6.4 ma tytuł: Badanie wpływu napięcia paska napędowego. W treści natomiast nie ma badania wpływu, ale analiza powtarzalności.
- 36) Podrozdział 6.6.1. Czy wstępne sprawdzenie powtarzalności nie powinno być w badaniach wstępnych?
- 37) Strona 153. Dlaczego do 700 obr/min? Jak w tym kontekście ma się wybór prędkości ze strony 154, czyli 200 i 900? Po co robiono badania przy 200 obr/min, skoro jako minimalną wartość przyjęto 700 obr/min?
- 38) Rysunek 6.36. Przy tej skali rysunku niewiele widać. Czy nie lepiej było zrobić cztery oddzielne rysunki? Jeśli poprzednio wybrano 700 obr/min jako wartość minimalną, to dlaczego nie zaznaczono tego na rysunku?
- 39) Rysunek 6.37. Czy rzeczywiście widać stabilizację od 700 obr/min? Według mnie to raczej około 1000 obr/min.
- 40) Rysunek 6.43. To bardzo ciekawy rysunek, z pewnością posiada konkretne wartości nowości opracowanej przez Autora.
- 41) Strona 166. Czy kalibracja producenta nie powinna być elementem badań wstępnych?



- 42) Strona 180. Autor trochę bezkrytycznie stosuje powtarzalność jako miernik wiarygodności wyników. Powtarzalność tymczasem mówi tylko o rozrzucie kolejnych wyników pomiarów, nie mówiąc jak bardzo są one odległe od wartości poprawnej. Dlaczego nie przyjęto innych miar dokładności?
- 43) Strona 185. Autor w dość karkołomnej konstrukcji semantycznej pisze, że wyniki badania powtarzalności i dokładności okazały się dokładniejsze i bardziej powtarzalne na jednym urządzeniu w stosunku do drugiego. W całym rozdziale 6 prowadzone są badania powtarzalności. Gdzie są wyniki badań innych parametrów dokładnościowych?
- 44) Strona 186. Autor sugeruje, że najlepsza powtarzalność to najmniejszy błąd. Te dwa pojęcia mają zupełnie różne pola znaczeniowe i ich utożsamianie jest nieuprawnione. To samo mamy na stronie 191.
- 45) Rozdział 7. Podsumowanie powinno mieć charakter konkludujący uzyskane wyniki. Jaki cel ma tutaj analiza literatury?
- 46) Strona 191. Autor mocno skupia się na powtarzalności i wyraża ją w procentach. Tymczasem trzeba mieć świadomość, że powtarzalność pomiaru to jest precyzja pomiaru w warunkach powtarzalności pomiaru. Warunki powtarzalności pomiaru wymuszają tę samą procedurę pomiarową, tego samego operatora, ten sam układ pomiarowy, te same warunki użytkowania, to samo miejsce i pomiary powtarzane na tym samym lub podobnych obiektach w krótkim przedziale czasu. Precyzja mówi o zbieżności zachodzącej pomiędzy wskazaniami lub wartościami i jest wyrażana za pomocą miar, takich jak np. odchylenie standardowe lub wariancja. Skąd zatem podawanie w % i jak Autor to rozumie?
- 47) Strona 197. Jako elementy oryginalne, wnoszące nowość rozumiemy elementy skutkujące nową wiedzą. Są to elementy przemyśleń, rozwiązań modelowych, dyskusji wyników badań itp. Badania niewyważenia przedmiotów przeprowadzone według normy trudno uznać za takie elementy, zwłaszcza na poziomie rozprawy doktorskiej.
- 48) Strona 199. Rozprawa była realizowana w ramach programu doktorat wdrożeniowy, którego bardzo istotnym elementem jest wdrożenie. Szkoda, że jego opis to tylko kilka linijek na końcu pracy. Temu zagadnieniu Doktorant powinien poświęcić oddzielny podrozdział, pokazując czego dokonał i jakie ma to znaczenie dla gospodarki w skali mikro i makro. Na pewno te dane są zawarte w końcowym raporcie z projektu i warto było je tutaj przytoczyć. Mam nadzieję, że nie wynika to z błędnie pojętej chęci zachowania tajemnicy, ponieważ świadczyłoby to o całkowicie błędnie pojętej intencji programu doktorat wdrożeniowy zarówno przez Doktoranta jak i jego jednostkę zatrudniającą (uwaga na końcu punktu 4 recenzji).

Jak widać z powyższej analizy uwag krytycznych jest bardzo dużo. Dotyczą one przeważnie niewłaściwego układu pracy, analizy literatury bardzo opartej na normach oraz zbyt swobodnego stosowania terminów i pojęć, szczególnie metrologicznych. Pracę broni bardzo obszerny rozdział 6 i duża liczba wykonanych badań. Wśród elementów zdecydowanie pozytywnych znajdują się także opracowane modele (podrozdziały 5.1 i 5.2) oraz programy do analizy URR i tworzenia wykresów (załączniki A i B).

Oceniając stronę edytorską należy podkreślić, że praca napisana została bardzo starannie, poprawnym językiem polskim, praktycznie bez błędów literowych i składniowych. Nie ma również brakujących lub nadmiernych spacji i przecinków. Ta dbałość o wartości humanistyczne jest godna podkreślenia i zasługuje na uznanie. Rysunki w większości wykonane są z należytą starannością. Wśród uwag edytorskich warto zwrócić uwagę na następujące:

1) W pracy występują podrozdziały nienumerowane (szczególnie rozdziały 2 i 4, ale także 6).

Tego typu opis mógłby zostać zastosowany w podręczniku. W doktoracie warto zastosować ścisły podział na rozdziały i podrozdziały.

2) Słabsza jakość rysunków 2.15 - 2.23

3) W pracy występują tzw. teksty wiszące, czyli teksty znajdujące się np. pomiędzy tytułem rozdziału głównego a tytułem podrozdziału (np. na początku podrozdziału 6.6 albo 6.9). Zasady edytorskie stanowią, że przy numeracji cyfrowej wielorzędowej np. po tytule podrozdziału 6.6 powinien od razu następować tytuł podrozdziału 6.6.1. Między nimi nie powinno być żadnych tekstów (zwanymi wiszącymi). Teksty te to z reguły ogólne wprowadzenia do rozdziałów, omówienia czy streszczenia. Jeżeli tekst wiszący jest cennym i niezbędnym wprowadzeniem do tematu – powinien mieć numer i tytuł, natomiast jeśli zawiera ogólniki lub omówienie dalszej części rozdziału – powinien zostać usunięty przez Autora.

4) Strona 153. Rysunki powinny być bardzo blisko ich powołań w tekście. Przykładowo rysunki 6.36 i 6.37 powinny być bliżej ich powołań w tekście, a są dwie strony dalej.

Przedstawione powyżej uwagi edytorskie w niczym nie umniejszają wartości merytorycznej rozprawy. Natomiast ogólny wygląd rozprawy, sposób pisania i ilustrowania bardzo dobrze świadczą o podejściu do samego przygotowania rozprawy i mogą być uznane jako dodatkowy element pozytywny.

#### 4. Wnioski

Jak wspomniałem we wprowadzeniu problemy związane z niewyważeniem są bardzo istotne i rzutują na poprawność funkcjonowania części maszyn i całych urządzeń. W przypadku

przemysłu lotniczego jest to szczególnie istotne, w szczególności z przyczyn związanych z bezpieczeństwem. Z tego punktu widzenia rozprawa dotyczy tematu istotnego, a wdrożenie zawartych w niej treści powinno (a zgodnie z założeniami programu doktorat wdrożeniowy wręcz musi) przyczynić się do rozwoju tego obszaru badawczego.

Zaprezentowana rozprawa doktorska jest opracowaniem zawierającym szereg informacji na temat wyważania. Jej Autor wykazał się pewną wiedzą i umiejętnością przeprowadzenia badań naukowych, choć przy analizie nie ustrzegł się szeregu błędów. Zaplanował i przeprowadził eksperymenty, które potwierdziły wysuniętą hipotezę. Określił hipotezę, cel i zakres pracy. Praca w wielu miejscach ma układ bardzo niejasny i nieprzejrzysty. Kolejność rozdziałów i podrozdziałów jest dość nietypowa i nie można stwierdzić, że tworzy układ w pełni spójny i logiczny. W części badawczej pojawia się teoria, w badaniach zasadniczych pojawia się metodyka, a we wnioskach analiza literatury. Być może przyczyną braku umiejętności ułożenia treści publikacji naukowej jest brak doświadczenia publikacyjnego Doktoranta, ponieważ z dużym zaskoczeniem wśród pozycji literaturowych nie dostrzegłem niestety autorskich i współautorskich opracowań Doktoranta ocenianej rozprawy. W recenzji znalazło się bardzo dużo uwag krytycznych. Dotyczą one przeważnie właśnie niewłaściwego układu pracy, analizy literatury bardzo opartej na normach oraz zbyt swobodnego stosowania terminów i pojęć, szczególnie metrologicznych. Praca badawcza zawsze wymaga wyjścia poza normy, a nie kurczowego się ich trzymania. Normy bowiem systematyzują i upowszechniają wiedzę, dążąc do zapewnienia spójności postępowania, ale nie rozwijają nowych metod i podejścia badawczego. Przygotowując rozprawę doktorską warto także mieć świadomość, że pewne pojęcia zostały już zdefiniowane i koniecznie trzeba do tych definicji zajrzeć i poprawnie je stosować. Tego mi trochę zabrakło. Niezależnie od tych poważnych uwag krytycznych w pracy są również elementy zdecydowanie pozytywne. Jednym z nich jest bardzo obszerny rozdział szósty, w którym Autor przeprowadził badania zasadnicze i opisał dyskusję ich wyników. Zakres i liczba wykonanych eksperymentów przemawiają na korzyść Doktoranta. Warto tu również wspomnieć o bardzo ciekawych i dobrze przygotowanych podrozdziałach związanych z modelowaniem cech dynamicznych wirnika sztywnego i modelem ruchu obrotowego wirnika sztywnego z niewyważeniem. Istotnym punktem dorobku są też programy do analizy URR i tworzenia wykresów, zamieszczone w załącznikach. Praca jest ponadto obszerna, bogato ilustrowana graficznie, a także bardzo starannie przygotowana pod względem edytorskim, co pokazuje godny docenienia duży wkład pracy Doktoranta. A zatem biorąc również pod uwagę ważną i aktualną tematykę rozprawy, osiągnięcie celu pracy i udowodnienie hipotezy oraz fakt, że Doktorant zdobył zarówno kompetencje w zakresie prowadzenia badań naukowych jak i wiedzę ogólną i

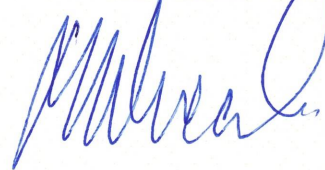
umiejętności praktyczne, **całokształt działań związanych z rozprawą doktorską oceniam pozytywnie.**

Na marginesie warto zwrócić uwagę na zapis związany z utajnieniem pracy. Po pierwsze rozprawa doktorska broniona jest publicznie, co jest odwieczną tradycją naukową i jakiegokolwiek próby ingerencji w te zasady przez firmę świadczą o niezrozumieniu istoty działalności naukowej. W moim odczuciu nawiązując do tematyki lotniczej utajniony doktorat jest jak samolot bez silnika. Niby jest, ale o jego walorach użytkowych nigdy się nie dowiemy. Poza tym, wymóg utajnienia narzucony przez jednostkę zatrudniającą i jego akceptacja jest zaprzeczeniem istoty i zasad związanych z samym programem doktorat wdrożeniowy. Jedną z nich jest to, że całość powstaje w oparciu o środki publiczne pochodzące od podatników (środki przekazywane przez Ministerstwo Edukacji i Nauki są pomocą publiczną), którzy w związku z tym mają pełne prawo dowiedzieć się tego, co za ich pieniądze zostało zrealizowane. Wyklucza to zatem jakkolwiek możliwość utajnienia pracy w tym przypadku. Jednostka zatrudniająca godząc się na udział w programie doktorat wdrożeniowy automatycznie godzi się na ujawnienie jego treści.

## 5. Podsumowanie

Stwierdzam, że rozprawa doktorska Pana mgr. inż. Adama Olko pt. *Wpływ parametrów procesu wyważania wolnoobrotowego na dokładność wyznaczania niewyważenia resztkowego wybranych elementów wirujących silnika lotniczego*, spełnia wymagania ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym (Dz. U. Nr 65, poz. 595, z późn. zm.) i może być dopuszczona do publicznej obrony.

prof. dr hab. inż. Michał Wieczorowski



Politechnika Poznańska