

Poznań, 10.10.2023

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. Damiana Basary**

**Minimalizacja wpływu temperatury na powtarzalność charakterystyk  
końcowych części obrabianych na centrach numerycznych  
z wykorzystaniem kompensacji w czasie rzeczywistym**

**Podstawa recenzji**

Pismo Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Rzeszowskiej im. Ignacego Łukasiewicza numer RM-530-18-01/2023 z dnia 18 lipca 2023 roku.

**1. Wprowadzenie**

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska jest związana z obróbką mechaniczną, a więc technologią znaną od wielu lat i stosowaną bardzo powszechnie. Autor zajął się ważnym problemem związanym z kompensacją wpływu zjawisk termicznych na dokładność obróbki. Temperatura i jej gradienty to jedne z najistotniejszych czynników powodujących błędy nie tylko w obróbce, ale również w metrologii. Sytuacja jest dość prosta przy strukturach prętowych, o wyraźnej dominacji jednego z kierunków. Zależność opisująca rozszerzalność liniową jasno określa charakter zmian. Układ dwuwymiarowy jest bardziej złożony, a układ trójwymiarowy jakim jest obrabiarka nie poddaje się prostym zależnościom funkcyjnym. Przy wzroście temperatury oprócz wydłużeń dochodzą jeszcze odkształcenia w kierunkach poprzecznych, często bardzo trudnych a wręcz niemożliwych do określenia i zasymulowania. Poza tym w

warunkach rzeczywistych dużą rolę odgrywają gradienty: na metr, na godzinę i na dobę. Z tego względu w pomiarach lub przy bardzo dokładnej obróbce stosuje się klimatyzowane pomieszczenia oraz izolację źródeł ciepła zarówno zewnętrznych jak i wewnętrznych. Zapewnienie tego typu warunków w przemyśle nie jest jednak zawsze łatwe i uzasadnione kosztowo, stąd zamiast unikania przyczyn zmian termicznych pojawiają się idee ich kompensacji. Taki właśnie pomysł przedstawił Doktorant w swojej dysertacji. Można więc stwierdzić, że podjęta tematyka jest aktualna, a podjęcie tematu rozprawy należy uznać za jak najbardziej uzasadnione i trafne zarówno pod względem naukowym, jak i utylitarnym. To ostatnie jest jeszcze o tyle istotne, że praca jest finalizacją działań prowadzonych w ramach programu ministerialnego Doktorat Wdrożeniowy, a więc jej nieodzownym elementem jest wdrożenie wyników w praktyce.

## 2. Omówienie rozprawy

Przedstawiona do recenzji dysertacja złożona jest z 8 rozdziałów, streszczenia w języku polskim i angielskim oraz szeregu rozdziałów nienumerowanych, do których należą: Wykaz ważniejszych oznaczeń akronimów, Wprowadzenie, Podsumowanie, Bibliografia i Załączniki. Manuskrypt w całości liczy 173 strony. Kolejność rozdziałów i podrozdziałów tworzy układ spójny i logiczny. Zawartość merytoryczna jest bogato ilustrowana (choć nie wszystkie rysunki mają odpowiednią jakość), co zdecydowanie pomaga w interpretacji toku rozumowania Autora.

Pracę rozpoczyna Wprowadzenie, w którym krótko przedstawiono zagadnienie zmian cieplnych w obrabiarkach oraz konieczność ich kompensacji. Przedstawiono też uwarunkowania jakim podlegała praca wynikające ze specyfiki produkcji w zakładzie zatrudniającym Doktoranta.

Rozdział pierwszy omawia błędy w procesach obróbki na obrabiarkach CNC. Zaprezentowano w nim różnorodność błędów obróbkowych jaka spotykana jest w obróbce skrawaniem oraz źródła błędów termicznych obrabiarek.

W rozdziale drugim Autor opisał badania i metody minimalizacji błędów wywołanych czynnikami termicznymi. Przedstawił sposoby realizacji pomiarów temperatury na obrabiarkach CNC oraz metodykę pomiarów błędów termicznych. W tej części znalazło się także podejście do szacowania niepewności pomiarowej. Konkludując omawiane problemy Doktorant opisał metody minimalizacji błędów termicznych.

Rozdział trzeci to rozważania na temat możliwości rozbudowy układu sterowania CNC o model matematyczny. Autor rozpoczyna je prezentując modele jakie można zastosować w procesach kompensacji błędów termicznych. Aby zaimplementować model rozwija też charakterystykę układu sterowania CNC, który będzie musiał realizować efekty działań modelowych.

Ostatnia część rozważań dotyczy możliwości wprowadzenia kompensacji termicznej w układach sterowania CNC, szczególnie pod kątem dostępności do kodów i oprogramowania wewnętrznego, na ogół zamkniętego przez producentów.

Rozdział czwarty jest wynikiem analizy przedstawionej w rozdziałach poprzednich i przedstawia sformułowany cel i zakres pracy. Podejmowana praca jest próbą rozwiązania problemu przemieszczeń TCP poprzez opracowanie sposobu minimalizacji wpływu zmian temperatury na stabilność obrabiarki. Celem natomiast jest wyszczególnienie istotnych parametrów informujących o korelacji zmian temperatury i przemieszczeń punktu charakterystycznego obrabiarki, zbudowanie modelu matematycznego przemieszczeń TCP względem punktu bazowego przedmiotu obrabianego oraz implementacja opracowanego modelu do systemu sterowania z wykorzystaniem akcji synchronicznych. Zakres pracy to przeprowadzenie badań dokładnościowych obrabiarki, pomiary oraz rejestracja temperatur w trakcie jej eksploatacji, opracowanie matematycznego modelu kompensacji przemieszczeń TCP, adaptacja modelu do systemu sterowania CNC i weryfikacja poprawności funkcjonowania proponowanych rozwiązań i opracowanego modelu.

Począwszy od rozdziału piątego rozpoczyna się część badawcza pracy. W tym rozdziale przedstawiono budowę i charakterystykę stanowiska badawczego. Doktorant omówił założenia dotyczące przedmiotu badań w szczególności odnośnie wykonywanego przedmiotu, narzędzi i sondy przedmiotowej. Zaprezentował stanowisko badawcze, czyli obrabiarkę, na której przeprowadzono testy. Wyszczególnił także oprzyrządowanie do pomiaru dryftu termicznego TCP oraz geometrii obrabiarki, a także oprzyrządowanie do pomiaru temperatury.

Badaniom kontrolnym obrabiarki poświęcono rozdział szósty. Do pomiarów wykorzystano element niezbyt słusznie nazywany kolumną wzorcową i dokonano analizy jego odkształceń termicznych. Przedstawiono procedurę i wyniki szacowania niepewności pomiarów pozycji TCP sondą przedmiotową względem elementów referencyjnych. Następnie przeprowadzono badania dokładności pozycjonowania osi obrabiarki. Wykorzystując wytyczne norm ISO 10791 wykonano badania geometryczne stanowiska badawczego, czyli analizowanej obrabiarki. Podobne badania przeprowadzono również z wykorzystaniem kolumny wzorcowej. Ostatnim elementem tej części pracy są badania zmian temperatury podzespołów obrabiarki w trakcie czynności weryfikujących geometrię.

Mając wyniki badań geometrii Autor przechodzi do rozdziału siódmego, który poświęcił matematycznym modelom przemieszczeń TCP. Zaprezentował w nim przebiegi zmian badanych wielkości w trakcie procesu obróbki, na podstawie których przygotowuje model do-

świadczalny. Do jego stworzenia wykorzystano narzędzia statystyczne, dzięki którym zbudowane zostały modele regresji liniowej dla zmiennych  $y$  i  $x$ . Rozdział wieńczy porównanie modeli zmiennej objaśnianej  $y$  w różnych scenariuszach danych objaśniających.

W rozdziale ósmym znajduje się efekt działania opracowanego modelu, czyli praktyczna kompensacja zmian położenia TCP na badanej obrabiarce CNC. Doktorant przeprowadził weryfikację możliwości predykcyjnych modelu i dokonał implementacji kompensacji do systemu sterowania obrabiarki. Do sprawdzenia rozwiązania programowego wykorzystał symulator sterownika obrabiarki. Jako wynik tych działań przedstawił praktyczną weryfikację zaproponowanego rozwiązania.

Jak już wspomniano, pracę kończą rozdziały nienumerowane. Pierwszym z nich jest Podsumowanie, podkreślające pozytywną weryfikację opracowanego modelu i wytyczające kierunki badań na przyszłość, wśród których zaznaczono próby zastosowania prezentowanego podejścia na innych obrabiarkach. Kolejny to Bibliografia, obejmująca 143 pozycje w tym książki, artykuły, normy i strony internetowe. Publikacje te stanowią szeroki i aktualny przegląd związany z tematyką pracy. Są wśród nich także współautorskie opracowania Autora ocenianej rozprawy. W Załącznikach zamieszczono szkic części testowej, listę pakietów użytych podczas analiz statystycznych w oprogramowaniu IDE RStudio oraz dane eksperymentalne wykorzystane do opracowania modeli. Pracę kończą streszczenia w języku polskim i angielskim.

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

Przedstawiona do oceny praca doktorska jest interesująca i zawiera wiele cennych informacji z punktu widzenia kompensacji temperaturowej maszyn technologicznych w przemyśle. Zagadnienia przedstawione przez Doktoranta pozwalają pozytywnie ocenić jego wiedzę i doświadczenie w tym temacie. Są one poparte wynikami pomiarów i analiz, które umożliwiły na zamodelowanie zjawisk cieplnych i ich wdrożenie w konkretnym urządzeniu. Analizując założenia rozprawy doktorskiej stwierdzam, że postawiony przez Autora rozprawy cel (trzyczęściowy) został osiągnięty, a praca została zrealizowana w zakresie opisanym w rozdziale czwartym. Ważnym elementem pracy są badania zmian geometrycznych. Dzięki nim Doktorant poznał termiczne zachowanie się obrabiarki w trakcie realizacji zadań produkcyjnych. Wykazał się ponadto dużymi umiejętnościami statystycznymi, dzięki którym przygotował model doświadczalny zmian termicznych. Również w dziedzinie pomiarów temperatury Jego wiedza miała sposobność rozwinąć się. Jest to o tyle cenne, że korelacja zmian temperatury ze zmianami wymiarów geometrycznych jest bardzo istotnym zagadnieniem, a jej zrozumienie czy

choć uświadomienie sobie pozwala na poszukiwanie dróg poprawy parametrów dokładnościowych w inżynierii mechanicznej.

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) Praca dotyczy nie tylko jednego typu i modelu maszyny technologicznej, ale w ogóle jednej konkretnej obrabiarki. Nawet tytuł używa centrów w liczbie mnogiej. Czy nie można było do analizy wykorzystać maszyn znajdujących się np. w Politechnice Rzeszowskiej? Wyniki uzyskane w ten sposób były znacznie bardziej wiarygodne. W pracach badawczych bardzo ważne jest odpowiednie przygotowanie stanowiska badawczego.
- 2) Czy Autor zastanawiał się jak będzie się zmieniać zależność geometria / temperatura w czasie? Jednokrotny pomiar w konkretnym momencie nie da odpowiedzi na to pytanie. Jak na ten model wpływają ewentualne kolizje?
- 3) Bardzo ważna jest świadomość czym jest praca badawcza. Jej naturalną konsekwencją jest chęć poznania i zrozumienia zjawiska, usuwając wszelkie możliwe ograniczenia. W takiej sytuacji argument konieczności produkcji nie znajduje żadnego zastosowania i uzasadnienia. Czy nie jest to tak duże ograniczenie, że uzyskany wynik ma wątpliwą wiarygodność?
- 4) Podobnie przedstawia się kwestia rozmieszczenia czujników temperatury. Czy Doktorant ma pewność, że np. z uwagi na zmiany geometryczne, pomiędzy punktami lokalizacji czujników temperatury nie zachodzą żadne niepożądane zjawiska? A może niefabryczne punkty pomiaru temperatury byłyby lepsze?
- 5) Czy - jeśli okaże się, że analogiczna maszyna technologiczna nie zachowuje się w zgodzie z opracowanym modelem doświadczalnym - Autor planuje opracowywać indywidualne modele dla każdej obrabiarki? Tu również istotna jest zmienność w czasie i kolizje.
- 6) W Politechnice Poznańskiej zrealizowano pracę doktorską dotyczącą analizy parametrów dokładnościowych obrabiarek (*Michalski R., Weryfikacja i reweryfikacja parametrów dokładnościowych frezarki w oparciu o procedury stosowane we współrzędnościowych systemach pomiarowych*). Badania prowadzono na kilkudziesięciu takich samych obrabiarkach, aby określić zmienność. Gdyby z tego zbioru wybrano jedną tylko maszynę, to wyniki mogłyby być odbiegające od rzeczywistości.
- 7) Przegląd literatury wykonany w pracy jest znakomity, wręcz modelowy. Doktorant znalazł bardzo dużo różnych źródeł i bardzo dobrze z nich skorzystał.

- 8) Strona 15. Tekst o tym, że: ... 40% - 75% błędów geometrycznych obróbki na obrabiarkach jest spowodowanych niekorzystnym wpływem zjawisk termicznych, jest powieleniem tekstu ze strony 11.
- 9) Strona 16. ... dla obrabiarek [117], centr obróbczych [126] oraz tokarek [127]. Czy tokarka nie jest obrabiarką?
- 10) Strona 18. Literatura [79] to VIM. Od kilkunastu lat jest już aktualniejsza wersja.
- 11) Generalnie w pracy jest sporo rysunków, ciekawie przygotowanych, ale tak pomniejszych, że robią się nieczytelne. Dotyczy to m.in. rysunków: 3.2, 3.3, 5.5, 6.11-6.20. Szkoda, bo to nie pozwala na zrozumienie opisywanej treści. Nie należy bać się dużych rysunków, bardziej istotne jest właściwe przekazanie treści.
- 12) Praca jak była ukoronowaniem działań w ramach programu Doktorat Wdrożeniowy. W związku z tym byłoby dobrze poświęcić trochę miejsca opisowi wdrożenia i napisać chociaż kto był opiekunem pomocniczym ze strony podmiotu współpracującego (firmy). Przydałoby się też podać, co konkretnie jest wdrożeniem, jaki to ma wpływ na rozwój przedsiębiorstwa.
- 13) Strona 45. Tekst: *Powtarzanie cyklicznie takich badań wiązałoby się z zatrzymaniem produkcji seryjnej na długie okresy czasu co jest niedopuszczalne z punktu widzenia interesów spółki*, traktuję jako całkowite kuriozum. Jeśli spółka nie jest zainteresowana doktoratem wdrożeniowym, albo nie jest do niego przygotowana pod względem możliwości badawczych, to nie powinna się w niego angażować. Praca badawcza ma swoje prawa, które muszą być przestrzegane.
- 14) Strona 46. Przyjęcie, że: *badania bazować będą na istniejących układach pomiarowych obrabiarki, bez dodatkowej ingerencji w jej konstrukcję, jest jednak sporym uproszczeniem*. Czy słusznym?
- 15) Strona 47. Czy słusznym jest uproszczenie obrabiarki 5-osiowej do 3-osiowej? I do tego tylko w osiach  $x$  i  $y$ ? Czy w ten sposób nie uzyskujemy modelu tylko dla jednego uproszczonego egzemplarza obrabiarki pracującego przy jednym konkretnym typie obróbki? I dla jednego określonego materiału? W pracach badawczych warto pokusić się o uogólnienia, jeśli są do tego podstawy doświadczalne.
- 16) Strona 48. Pomiaru nie realizuje się z rozdzielczością. To jest właściwość liniału, która zresztą wcale nie musi być związana z parametrami dokładnościowymi.
- 17) Rysunek 5.2. Z tego rysunku trudno sobie nawet wyobrazić jak wygląda obrabiarka, na pewno można było pokazać dużo lepszy widok ogólny.

- 18) Strona 52 i dalsze, rysunek 5.4. Dlaczego przedmiot wzorcowy nazwano kolumną, skoro jak sądzę jest to płyta? Piszę "jak sądzę" ponieważ w pracy nie zamieszczono rysunku tej płyty, a bez tego nie można ocenić poprawności działań w tym zakresie.
- 19) Strona 52. ... *zapewnia pomiar z dokładnością  $\pm 0,1$  °C*. Skoro Autor używa VIM, to warto zapoznać się z definicją słowa dokładność. Jest ona bowiem jedynie pojęciem jakościowym, a nie ilościowym (słownik VIM), a zatem nie można przypisać do niej wartości liczbowych.
- 20) Rysunek 5.5. To bardzo ważny rysunek, rozkład czujników temperatury jest krytycznie istotny. Niestety rysunek ten jest zupełnie nieczytelny.
- 21) Strona 59. Co to jest CYCLE997 i CYCLE978?
- 22) Strona 60. Czy płukanie chłodziwem rzeczywiście jest oczyszczaniem?
- 23) Strona 65. Skąd wiadomo, że do wyrównania temperatur wystarczy włączenie na 6 godzin przed pomiarami?
- 24) Strona 70. Ważne byłoby poznać jak się zmieniała temperatura między 19,5°C a 20,3°C i między 19,3°C a 19,8°C. Czy zmiany te były liniowe? Jaka była niepewność pomiaru?
- 25) Rysunki 6.22 do 6.28 zawierają bardzo dużo wykresów, co utrudnia interpretację. Poza tym w treści brak komentarza do nich, który pokazałby istotne elementy. Tego typu wykresy muszą zostać skomentowane.
- 26) Strona 79. Dlaczego równoległości wrzeczona nie oceniono w sposób metrologiczny, czyli przy użyciu wzorca, np. kątownika walcowego?
- 27) Rysunek 6.29. Czy są dane odnośnie kalibracji trzpienia (błąd kształtu - okrągłość i walcowość)? Co uprawnia do wykorzystania jego części walcowej do pomiarów? Jaka jest niepewność tego pomiaru? Jest to ważne, ponieważ działanie głowicy przełączającej jest obliczone na określony moment. Przy zmianie długości ramienia zmienia się także moment, przy którym głowica rejestruje zebranie punktu pomiarowego.
- 28) Rysunek 6.33 zawiera bardzo dużo wykresów o mało różniących się kolorach, co utrudnia interpretację.
- 29) Rysunek 6.34. Pokazanie tych zmian na jednym rysunku warunkuje zastosowanie bardzo niekorzystnej skali. Rozstęp powinien być na odrębnym rysunku.
- 30) Różnica między największą i najmniejszą wartością cechy statystycznej w zbiorze to rozstęp, a nie rozrzut lub zakres (kalka z języka angielskiego). Rozstęp jest najprostszą z miar rozrzutu.
- 31) Strona 87. Przyjęto kryterium polegające na ocenie wizualnej... Czy rozważono, jaki błąd niesie za sobą tak subiektywne przyjęcie?

- 32) Strona 89. Jakie przyjęto kryterium wyróżnienia błędu nadmiernego (potocznie nazywanego błędem grubym)?
- 33) Rysunek 7.1 zawiera bardzo dużo wykresów o mało różniących się kolorach, co utrudnia interpretację.
- 34) Strona 91. Dlaczego nie ma komentarza do przebiegów na rysunkach 7.1 i 7.2? Uwzględniając słabą czytelność rysunków, brak komentarza dotkliwie ogranicza rozumienie myśli Autora.
- 35) Rysunki 7.3, 7.7, 7.10 i 7.14. Tu również bez komentarza trudno zrozumieć ideę.
- 36) Rozdział siódmy zawiera bardzo dobrze i ambitnie zrobioną statystykę. To jest na pewno wartość pracy sama w sobie. Warto jednak wspomnieć, że opracowany model jest doświadczalny, a nie oparty na teorii.
- 37) Strona 121. To nie jest model 7.10 ale model z rozdziału 7.10. Dalej na tej stronie - warto wyjaśnić co znaczy: ... *wyjaśniona w 87%*.
- 38) Strona 122. Dlaczego nie ma komentarza do przebiegów na rysunkach 8.1 i 8.2? Brak komentarza do rysunków bardzo ogranicza rozumienie myśli Autora.
- 39) Co to jest słup osi?
- 40) Praca zawiera bardzo dobre podsumowanie i dobrze sformułowane wnioski.
- 41) Literatura [130]. Jest już aktualniejsza wersja.
- 42) Załącznik Z1. Czy część testowa została wywzorcowana? Ten rysunek prawie bez wymiarów niewiele mówi, podane tolerancje są raczej mało wymagające.

Oceniając stronę edytorską należy podkreślić, że praca napisana została poprawnym językiem polskim. Rysunki niestety nie wszędzie wykonane są z dbałością i starannością, niekiedy są na tyle pomniejszone, że ich sens i treść są trudne do zrozumienia. Wśród uwag edytorskich warto zwrócić uwagę na następujące:

- 1) Zmienne piszemy kursywą.
- 2) W pracy czasami brakuje wcięć na początku akapitów. Dobrze byłoby to ujednolicić.
- 3) W pracy zdarzają się spacje wielokrotne, które dobrze byłoby zamienić na pojedyncze. Występują też spacje przed przecinkami, które należy usunąć.
- 4) Strona 16. Powinno być *centrów* zamiast *centr* obróbczych.
- 5) W przypadku elementów policzalnych lepiej stosować określenie liczba a nie ilość.
- 6) Strona 35. Powinno być *korekt* zamiast *korek*.



- 7) Pisząc liczby z jednostkami powinno się przyjąć tą samą regułę: albo spacja rozdzielająca, albo jej brak. Pod tym względem w pracy nie ma konsekwencji. Podobnie przy ISO i numerach norm. To wymaga ujednoczenia.
- 8) Strona 53. Powinno być *monitorowanie oraz informowanie* zamiast *monitorowanie oraz informowania*.
- 9) Strona 65. Powinno być *Renishaw* zamiast *Renischaw*.
- 10) Strona 78. Podpisy pod rysunkami. Powinno być *prostoliniowości* zamiast *prostoliniowość*.
- 11) Strona 65. Powinno być *przemieszczenia* zamiast *przemieszczania*.
- 12) Należy się zdecydować czy *homoscedastyczność* czy *homoskedastyczność* i przyjąć jedną wersję.
- 13) Strona 106. Powinno być *homoskedastyczności* zamiast *homoskedastyczności*.
- 14) Strona 117. Powinno być *homoscedastyczności* zamiast *homoscedastyczności*.
- 15) Warto ujednoczyć styl pisania pozycji literatury (kropki w poz. 25 po nazwiskach).
- 16) W wykazie literatury jest błąd w nazwisku w pozycji 85.

Przedstawione powyżej uwagi powinny zainspirować Doktoranta do głębszego i szerszego podejścia do prowadzenia prac badawczych oraz identyfikacji ograniczeń i ich wpływu na możliwości uogólniania zjawisk. Słabością pracy są właśnie ograniczenia jakie narzucił sobie Doktorant, czyniące z dobrych założeń teoretycznych przypadek szczególny pod względem badawczym. Natomiast dużą wartością pracy jest znakomity przegląd literatury i ambitna analiza statystyczna. Cenne jest także zainteresowanie Doktoranta wpływem zjawisk termicznych na parametry dokładnościowe obróbki oraz świadomość ich znaczenia. Jeśli Autor dalej będzie podążał tą drogą to na pewno zdobędzie dalszą ceną i praktyczną wiedzę.

#### 4. Wnioski

Zaprezentowana rozprawa doktorska jest dziełem zawierającym bardzo ciekawe informacje na temat zjawisk termicznych zachodzących w obrabiarce i związanych z tym zmian geometrii oraz możliwości kompensacji. Autor poprawnie podszedł do tematu, wykazując się wiedzą i umiejętnością prowadzenia badań naukowych. W całości zrealizował postawiony cel i zakres pracy. Zaplanował i przeprowadził eksperymenty, które potwierdziły pomysł na wdrożenie. Praca napisana jest w sposób jasny i przejrzysty, bogato ilustrowana graficznie. Tematyka pracy jest żywa i aktualna, została wybrana w sposób trafny. Powyższe fakty świadczą o kompetencjach Doktoranta w zakresie prowadzenia badań naukowych oraz wskazują na Jego wiedzę ogólną i umiejętności praktyczne.

## 5. Podsumowanie

Stwierdzam, że rozprawa doktorska Pana mgr. inż. Damiana Basary pt. *Minimalizacja wpływu temperatury na powtarzalność charakterystyk końcowych części obrabianych na centrach numerycznych z wykorzystaniem kompensacji w czasie rzeczywistym*, 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