



Dr hab. inż. Jerzy JÓZWIK, prof. Uczelni  
POLITECHNIKA LUBELSKA  
WYDZIAŁ MECHANICZNY  
Katedra Podstaw Inżynierii Produkcji  
Ul. Nadbystrzycka 36, 20-618 Lublin  
Telefon: + 48/606 296 823; + 48 691 035 576; j.jozwik@pollub.pl

Lublin, 24/11/2020

## RECENZJA

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr-a inż. Romana Michalskiego pt.: „Weryfikacja i reweryfikacja parametrów dokładnościowych frezarki w oparciu o procedury stosowane we współrzędnościowych systemach pomiarowych”, w związku z prowadzonym przez Radę Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Poznańskiej przewodem o nadanie stopnia doktora \_\_\_\_\_

### Zamawiający

Opinię wykonano na zlecenie dra hab. inż. Olafa Ciszaka, prof. PP; Dziekana Wydziału Inżynierii Mechanicznej Politechniki Poznańskiej (pismo DIM.63.220.2020, z dn. 30/09/2020r., Umowa 0600/2020/284 z dn.30/09/2020).

### Informacje ogólne

Recenzja obejmuje ocenę treści merytorycznych rozprawy, ocenę wartości naukowej, tezy i rozwiązanie problemu badawczego jak również ocenę redakcyjną rozprawy i wnioski końcowe. Promotorem rozprawy jest: prof. dr hab. inż. Michał Wieczorowski. Funkcję promotora pomocniczego pełni dr hab. inż. Bartosz Gapiński. Pracę przedstawiono na 227 stronach maszynopisu w układzie 8 rozdziałów i podrozdziałów (uważam, że nadmiernie i zbędnie rozbudowanych) wraz z załącznikami i bardzo krótkim streszczeniem w j. polskim oraz w j. angielskim. Rozprawę poprzedza krótkie, 2 - stronicowe wprowadzenie, zaś kończy podsumowanie i wnioski oraz kierunki dalszych badań, wykaz literatury oraz załączniki. W pracy nie przedstawiono wykazu ważniejszych oznaczeń, skrótów i akronimów.

### Temat, treść rozprawy, tezy i rozwiązanie problemu naukowego

Przedmiotem rozprawy doktorskiej mgr-a inż. Romana Michalskiego jest: „weryfikacja i reweryfikacja parametrów dokładnościowych frezarki w oparciu o procedury stosowane we współrzędnościowych systemach pomiarowych”. W kontekście zaprezentowanych w pracy treści pojawia się zasadnicze pytanie, co w ogóle Autor weryfikował, a co reweryfikował. Zazwyczaj są tezy i ich udowadnianie, nie wiemy natomiast co obejmuje ponowna weryfikacja – czyli reweryfikacja w mniemaniu Autora pracy? Wątpliwości budzi również sformułowanie „parametry dokładnościowe”. Nie ma nigdzie w pracy definicji tego pojęcia i nie wiemy co Autor miał na myśli pisząc „parametry dokładnościowe”, co ono oznacza?. Kolejną wątpliwość wzbudzają „systemy współrzędnościowe”. Oczywiście maszyna pomiarowa współrzędnościowa jest systemem pomiarowym współrzędnościowym, ale czy to samo można powiedzieć o obrabiarce skrawającej do metali, to już nie jest takie pewne, zważywszy na jej przeznaczenie, jej eksploatację i zastosowane układy mechaniczne oraz elektroniczne układy pomiarowe i kontrolne (błędy geometryczne obrabiarki). Wątpliwość budzi, czy obrabiarka jest „systemem pomiarowym”, „systemem” owszem, ale czy „pomiarowym”, nie jest już takie pewne. Przecież nie to jest jej zadaniem, celem, itd. Cel pracy jest teoretycznym opisem, z którego nie wynika jednoznaczny główny, założony cel pracy. Tezy pracy uważam za sformułowane niegramatycznie, poza tym, nie można dokładności ocenić za pomocą obrabiarki (str. 63). Praca sprawia wrażenie, jakby Autor nie dokonał merytorycznej analizy literatury stanu zagadnienia, a przytoczona w tym zakresie dyskusja bazuje na książkowych, akademickich a nawet (wręcz) firmowych informacjach. W pracy szeroko omówiono budowę obrabiarek, tolerancje geometryczne, maszyny pomiarowe (wybrane konfiguracje), błędy maszyn i badania odbiorcze. Pojawia się pytanie, po co Autor przedstawia tak bogaty materiał wiedzy elementarnej, akademickiej, książkowej, zamiast skupić się na osiągnięciach naukowych dotyczących tematu pracy. Autor nie przeanalizował literatury światowej w tym zakresie i większość w pracy stanowią opracowania krajowe, zaś wiele z nich nie powinno się tam znaleźć w ogóle ze względu na tematykę pracy (pozycje zagraniczne do pozycji krajowych pozostają w stosunku 22:198). Format zapisu jest niejednorodny a spis nieuporządkowany. Rozdz. 3.2 i 3.4 uważam za całkowicie zbędny. Zaręczam, że publikacji naukowych z tego zakresu jest bardzo dużo w czasopiśmie periodycznych i opracowaniach naukowych. Ponadto uważam, że nie ma potrzeby w pracy naukowej - dysertacji doktorskiej, przedstawiać i opisywać osiągnięć jednej firmy produkującej obrabiarki (rozdz. 2.4). Opis systemów monitorowania na str. 18 uważam za nieporozumienie, ponieważ są to aplikacje serwisowe dotyczące komunikacji z klientem, co recenzent wykorzystuje niemalże codziennie w pracy zawodowej i nie ma to nic wspólnego z monitorowaniem i nadzorowaniem (z wyłączeniem ostatniego ppkt.: Machinie Protection Control MPC 2.0). W rozdz. 6 wielokrotnie powtarzane słowo „sań” pojawia jako

str. 1

nieuzasadnione. Autor powinien raczej używać fachowego sformułowania „prowadnic”. Autor posiada słownictwo warsztatowe, nie odpowiadające słownictwu naukowemu, czego tak naprawdę oczekuje się w pracach naukowych. Cały rozdz. 6.3 powinien znaleźć się w części teoretycznej. W rozdz. 6.3; 6.4; 7.3 i 7.4 słowo „powtarzalność WMP” wymaga precyzyjnego dookreślenia, jako „powtarzalności pomiaru”, ponieważ badamy powtarzalność pomiaru urządzeniem - a nie urządzenia jako samego w sobie systemu pomiarowego. Po co w ogóle Autor opisywał 10 kinematyk maszyn WMP nie odnosząc tego do celu, zakresu czy badań przedstawionych w pracy? Praca stwarza wrażenie braku koncepcji i uporządkowania badań. Uwzględniając całokształt przedstawionych treści merytorycznych zarówno w części teoretycznej jak i praktycznej pracy upatruję jednak szansę ich poprawy, usystematyzowania i ponownego przedstawienia dysertacji w formie odpowiadającej pracom naukowym.

### Ocena wartości naukowej rozprawy

Autor pracy podejmuje bardzo ważny i aktualny problem naukowy dotyczący implementacji procedur pomiarowych stosowanych na WMP do oceny zgodności na obrabiarkę CNC. Z kontekstu pracy niejednokrotnie trudno wywnioskować co jest głównym celem pracy. Tezy pracy są zawile i trudne do jednoznacznej interpretacji. Ponadto teza pracy ze str. 63 powinna zostać zmieniona. Bezpośrednio po wykonaniu przedmiotu, posiada on zakumulowaną dużą ilość ciepła i jego wymiary znacznie się różnią od tych, zaobserwowanych w temperaturze otoczenia (załóżmy przy 20°C). Błędy układów pomiarowych obrabiarki, a przede wszystkim błędy samej obrabiarki (brak prostokątowości osi, błędy nawrotu, luzy poosiowe i promieniowe oraz wiele innych) przekładają się na błędy obrabianego przedmiotu próbnego. Ponieważ sonda na obrabiarkę wykorzystuje te same układy pomiarowe (liniały optyczne, liniały magnetyczne, enkodery, i inne), zatem błędy przedmiotu próbnego mogą być niewykrywalne, mimo tego, że Autor pracy wykorzystuje nowe maszyny. Ponadto w przypadku obrabiarek starszych - w określonym stadium eksploatacji, posiadają one zupełnie inne błędy geometryczne (wzrastające w funkcji czasu) co powoduje, że pomiary wykonywane z ich wykorzystaniem będą coraz mniej wiarygodne. Można to zauważyć w tab. 7.6 (str. 129). Jednakże, żeby to udowodnić należałoby przeprowadzić analizę statystyczną, której w pracy zabrakło. Autor zaplanował bardzo szeroki zakres prac badawczych, zaś zupełnie nie uzasadnia i nie wiąże ze sobą wykonywanych zadań. W dysertacji brak modelu badań, nie znamy co jest wielkością wejściową, wyjściową, zakłócającą i jakie są wielkości stałe. Brak spójności na etapie planowania eksperymentów oraz ich wykonania i interpretacji oraz oceny, co powoduje, że wartość pracy jest zaniżona. Autor pracy zdaje się nie rozróżniać pojęć: deformacja, odkształcenie, ugięcie (str. 78). Ponadto Autor pisze o zamocowaniu i podparciu, nie definiując w ogóle zamocowania czy mocowania (tak naprawdę go nie ma w pracy, jest tylko ustalenie płaszczyzną wyznaczoną przez 3 punkty (str. 68-78), przy czym zamocowanie to przyłożenie sił i momentów do przedmiotu odpowiednio ustalonego, a ustalenie to odebranie określonej liczby stopni swobody). Warto zauważyć również, że w przypadku podparcia 4-punktowego niezbędne jest zastosowanie jednej podpory jako samonastawnej, gdyż w innym przypadku badany przedmiot nigdy się nie oprze o wszystkie 4 podpory. Płaszczyznę ustalenia wyznacza 3 punkty ustalające, zaś czwarty stanowi dodatkowy punkt podparcia o cech samonastawnych. Dyskusyjne pozostają analizowane w rozdz. 6 analizy i wnioski MES (str.70-74). Dlaczego Autor nie podaje wymiarów przedmiotów w rozdz. 6 analizy i wniosków MES (str.70-74). Dlaczego Autor nie podaje wymiarów obciążającej poszczególne punkty podparcia, itd.? To jest kluczowe do oceny ugięcia. Dlaczego w ogóle Autor zastosował dwie WMP, jak zatem porównywać wyniki? Stwierdzenie „...siła grawitacji...” nie niesie jeszcze informacji o jej wartości, jak nie znamy nawet masy, rodzaju materiału, itd.. Jakże parametry do symulacji MES zostały przyjęte? Uzyskane wyniki dla podparcia 3 – punktowego zmodyfikowanego pozostają dyskusyjne (str. 69, rys. 83). Warunki brzegowe nie są definiowane precyzyjnie. Na tejże samej stronie 69 Autor pisze o ugięciu zrealizowanym metodą MES w programie CREOSimulate, co budzi zastrzeżenia ponieważ powinno być ugięcie zamodelowane lub modelowane, ewentualnie symulowane. Definicje okręgów przylegających wzbudzają niepewności w połączeniu z rysunkami (str. 40-41). Rozdz. 3.8 (str.55) dotyczący szacowania niepewności powinien być zaprezentowany w kontekście pomiarów, narzędzi i systemów wykorzystywanych w pracy, co podniosłoby poziom naukowy i pozwoliło lepiej zrozumieć uzyskane wyniki w pracy. Ponadto, zależność opisująca niepewność rozszerzoną (2) ze str. 56 jest zapisana błędnie, ponieważ zależność podpierwiastkowa jako suma składowych niepewności powinna być raczej sumą kwadratów tych niepewności, a nie jak to przedstawił Autor sumą składowych niepewności. Na str. 63 Autor pisze o diagnostyce, próbując przytoczyć jej definicję jakoby polegającej na „...sprawdzeniu dokładności geometrycznej i kinematycznej, dokładności i powtarzalności ...., prowadzeniu prób dokładnościowych oraz szeregu innych sprawdzeń i testów”, co bardzo słabo koresponduje ze ścisłym pojęciem diagnostyki. Od strony 83 w metodykach prac badawczych należy jednoznacznie i wyraźnie podać liczebność prób i powtórzeń (brak konsekwencji w tym zakresie). Rozdz. 6.4.2 uważam całkowicie za zbędny. Co w mniemaniu Autora oznacza proces technologiczny wykonania elementu próbnego? Proces technologiczny przedstawiony w pracy jest wykonywany i zaprezentowany w oderwaniu od rzeczywistości. Proces technologiczny składa się z: operacji, zabiegów, przejść, ustawień, pozycji, a nadto powinna być przedstawiona stosowna dokumentacja technologiczna, zawierająca: kartę technologiczną, karty instrukcyjne, normowania czasu, kontroli jakości, półfabrykatu, wykaz pomocy warsztatowych, itd. Ponadto ogromne wątpliwości budzi nazewnictwo: „technologia pomiaru” (rodz. 6.4.4.1, str. 92), co Autor ma na myśli i jakie jest uzasadnienie użycia słowa „technologia” w kontekście pomiaru? Czy w ogóle można mówić o „technologii” jako sposobie wykonania „pomiaru”? Dodatkowo tolerancja wymiaru opisywana jest jako małe „t” nie zaś jako „T” (rys. 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, i wiele innych dalej) dlaczego? Co oznacza na rys. 19b, 27b (str. 24, 28, i innych) symbol  $\Phi$ ? Brak dyskusji wyników badań eksperymentalnych, uogólnień, wniosków, zaleceń, itd. Cytując francuskiego matematyka i jednocześnie

fizyka, prekursora teorii względności Henri(ego) Poincare można stwierdzić, w odniesieniu do ocenianej pracy, że: „...Naukę buduje się z faktów, tak jak dom buduje się z cegieł, ale samo nagromadzenie faktów nie jest jeszcze nauką, podobnie jak kupa cegieł nie jest domem...”. Dokładnie to właśnie budzi moje zastrzeżenia mimo, że za bardzo cenne uznaje wykonane badania i eksperymenty. Żałuję jednak, że Autor tak mało miejsca poświęcił dyskusji wyników badań i analizie, szczególnie w powiązaniu ze sobą wszystkich wykonanych badań. Takie opracowanie pozwoliłoby łatwiej wyciągnąć wnioski naukowe, poznawcze i użytkowe. Autor natomiast uzyskane wyniki badań przedstawił niezależnie i oddzielnie oraz nie dokonał zestawień porównawczych. W analizie wyników badań brak podstawowego narzędzia, tzn. analizy statystycznej. Podsumowanie i wnioski pracy uważam za minimalistyczne i bardzo skromne w kontekście zakresu pracy. Autor powinien odnieść się do rezultatów nie tylko jakościowych ale i ilościowych. Wniosek nr 3 „...jako bazy pomiarowe należy przyjmować powierzchnie o większych rozmiarach lub dokładniej wykonane od porównywanych” uważam za nieuprawniony, a wręcz błędny, ponieważ jako bazy należy przyjmować te elementy (powierzchnie, linie, punkty), które wskazał konstruktor na rysunku. W rozdz. 8 Autor pisząc, że „...zastosowanie sondy przedmiotowej do pomiaru zaawansowanych technologicznie elementów, realizowanych bezpośrednio po ich wykonaniu na stole obrabiarki, ...” nie bierze pod uwagę w ogóle cieplnej rozszerzalności obrabianej części (przedmiot należy schłodzić w całej objętości). Ostudzenie przedmiotu do pomiaru wymaga znacznego czasu w celu całkowitego ustąpienia odkształceń cieplnych, co wiąże się z przerwaniem produkcji na czas stygnięcia i pomiaru i wydaje się być ekonomicznie nieopłacalne. Autor takich rozważań w pracy nie wykażał. Formułując kierunkach dalszych badań, warto Autorowi przypomnieć, że firma Renishaw wykupiła od firmy Delcam oprogramowanie pomiarowo sterujące WMP „Power Inspect” i przystosowała je do sterowania sondami przedmiotowymi. Oprogramowanie to nosiło nazwę OMV a obecnie ponownie PowerInspect i jest oferowane przez firmę Autodesk. Firma Renishaw oferuje również oprogramowanie z makroprocedurami do obrabiarek CNC Productivity+™ oraz Inspection Plus. Analizując całość pracy, dostrzegam jednak wiele pozytywnych cech aplikacyjnych wykonanych badań. Mogą one przynieść dużo efektów użytkowych z zastosowania w praktyce. Biorąc pod uwagę całość pracy, zaprezentowane wyniki mogą posiadać również wymiar poznawczy i naukowy, należy tylko je wydobyć, opisać i zinterpretować.

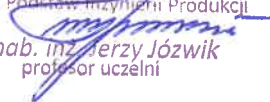
### **Ocena językowa i redakcyjna rozprawy**

Ocena redakcyjna rozprawy obejmuje: strukturę pracy, poprawność językową, stosowanie odpowiednich skrótów, odnośników i cytowań, zamieszczania rysunków, wzorów i tabel wraz z ich właściwym opisem, podpisami i wyjaśnieniami, opracowanie literatury, normatywnych aktów prawnych i streszczeń w j. polskim i j. angielskim. Analiza rozprawy pod kątem redakcyjnym budzi również wiele zastrzeżeń. Autor nie ustrzegł się wielu niedociągnięć i niedoskonałości. Do najważniejszych z nich należą: wykaz literatury nie jest sporządzony wg przyjętych standardów, praktycznie każda pozycja literaturowa jest sformatowana inaczej, brak niejednokrotnie wydawnictw lub są one źle wpisane, brak jednolitego sposobu zapisu rozdziałów, woluminów, stron, tytułów czy samych imion i nazwisk autorów. Wykaz literatury, który jest bardzo ważny w pracy, sprawia wrażenie, że Autor w dużym pośpiechu go redagował, a także cytował. Autor powtarza wielokrotnie te same frazy „...za pomocą specyfikacji...”(str. 39, i inne). Autor niewłaściwie buduje zdania, co sprawia że są niegramatyczne (str. 35, 32 i inne). Autor rozpoczyna zdania: „To max różnica...”, „...Można je podzielić na: ...” nie pisząc co można podzielić, lub rozpoczyna zdanie: „Jest to...” nie podając o co chodzi (str. 23, 32, 35, 38 i inne). Na rys. 54 Autor używa sformułowania „dozowanego”, co Autor miał na myśli? W wielu tabelach Autor myli pojęcia: wartość i wielkość, co wskazuje, że ich nie rozróżnia (tab.3.4). Autor dysertacji błędnie podaje jako element mierzony „stan warstwy wierzchniej” zamiast stan geometryczny powierzchni. Dodatkowo Autor podaje błędnie (tab. 3.4) jako źródło błędu „wielkość tolerancji”. Inne niedociągnięcia pracy dotyczą jednostek podstawowych wielkości lub jednostek zwyczajowych, np. dotyczących posuwu minutowego (np. mm/s w miejsce mm/min), niejednokrotnie brak zdefiniowanych jednostek przy zmiennych lub ich niewłaściwy zapis (np. w wielu tabelach), jak również błędy w zapisie znaków graficznych odchyłek np. na str. 67, tab. 6.2 (płaskość zapisana jako prostoliniowość), itp. Brak zachowanych proporcji rysunków w pracy (bardzo małe do bardzo dużych), nieczytelne formatowanie i opisywanie osi większości wykresów (brak konsekwencji, nazewnictwo). Na str. 6 należy zweryfikować jednostkę posuw/ząb i zastąpić posuw/ostrze. Wiele rozdziałów składa się niemalże z samych rysunków (np. str. 131-147 i inne). Na str. 68 opis nie zgadza się z rys. 83 (str.69). Autor wielokrotnie używa górnolotnych i mało inżynierskich sformułowań: np: „Aby zapewnić ich dokładność świat metrologów postanowił opisać procedury tych działań w postaci norm” (str. 48), „...obróbka zarysu kwadratu górnego ...” (str.41). W innym miejscu Autor pisze: „...kwadratu zewnętrznego pochylonego i kwadratu bazowego...” (str. 60), dalej czytamy „...obróbka zarysu kwadratu górnego nachylonego pod kątem 75°, położonego na górnej powierzchni kwadratu,” (str. 61). Powinno być czopu (zewnętrznego, bazowego, itd.). Nieznany jest też pojęcie „...geometria statyczna...” (str. 74), nieprawidłowe są określenia „...oś prostopadła do obróbki...” (str. 62) czy też sformułowania typu „...powierzchnia A jest krótsza od C o około 7%...” (str. 124), „...różnica długości powierzchni D i B...”, (str. 124) ) w innym miejscu „...okrąg wpisany do dozowanego i wiele innych. Co Autor ma na myśli zamieszczając w tabeli 3.4, str. 47 sformułowania typu: „Dopasowana dokumentacja”, „Czystość i uwaga” „Plastyczność” i wiele innych. W załącznikach podpisy tabel sformułowane jako „...wyniki pomiaru sań...”, czy też „... obliczenia statystyczne sań...” uważam za błędne. W pracy wyczuwalny jest brak zrozumienia pojęć metrologicznych stąd takie zdania jak: „...Dlatego tworząc układ należy się kierować nie tylko dokładnością próbkowania ale proporcjami odnoszonych do siebie powierzchni, chyba że konstruktor, ze względu na ich późniejsze wykorzystanie w gotowym zespole, założył inaczej...” (str. 124). Ponadto, po co Autor przytacza aż tyle surowych wyników w załącznikach szczególnie pomiary wzorca długości (str. 214-223, to tylko wyniki pomiaru) skoro zaraz w tabelach (str. 224-227) przedstawia ważniejsze dane! czyli

wartości odchyłek wzorca długości Ważna jest interpretacja, uogólnienia, analiza porównawcza, jakieś modelowanie, dyskusja wyników, itd. Tego w pracy brakuje. Dodatkowo Autor pracy w podpisach rysunków i tabel dodaje dopisek „[opr. własne]”. Pomijając zastosowanie nawiasu kwadratowego do tego celu, należy jednoznacznie stwierdzić, że z założenia wszystko co jest w pracy doktorskiej jest opracowaniem własnym, a tylko to co nie jest, opisuje się jako cytowane. Przez to praca wygląda jak raport badawczy, instrukcja. Wyniki te wymagają gruntownej analizy, dyskusji. Praca rzeczywiście może mieć pewien potencjał, ale należy go z uzyskanych wyników i naukowej interpretacji wyłonić. Streszczenie pracy w j. polskim i angielskim jest bardzo krótkie i nie oddaje treści rozprawy.

#### **Podsumowanie i wniosek końcowy**

Uwzględniając przedstawioną do recenzji rozprawę doktorską i jej naukowy wkład w Dyscyplinę Inżynieria Mechaniczna stwierdzam, że w zaprezentowanej przez Pana mgr inż. Romana Michalskiego formie i treściach merytorycznych rozprawa nie pozwala jednoznacznie ocenić, czy stanowi oryginalne i wartościowe pod względem głównie naukowym, ale także praktycznym osiągnięcie oraz rozwiązanie problemu przedstawionego w tytule, celu i zakresie pracy. Wnioskuje zatem o skierowanie rozprawy Pana mgr inż. Romana Michalskiego do poprawy i ponownej recenzji, co jest zgodne z Rozporządzeniem Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dn. 19 stycznia 2018r. w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodzie doktorskim, postępowaniu habilitacyjnym oraz postępowaniu o nadanie tytułu profesora. (Dziennik Ustaw RP, Warszawa, dn. 30 stycznia 2018, poz. 261).

Politechnika Lubelska  
WYDZIAŁ MECHANICZNY  
Katedra Podstaw Inżynierii Produkcji  
  
dr hab. inż. Jerzy Józwik  
profesor uczelni

Lublin, dnia 24 listopada 2020r.