



POLITECHNIKA
LUBELSKA
LUBLIN UNIVERSITY
OF TECHNOLOGY

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

RECENZJA

Recenzja rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Joanny Jastrzębskiej pt.: „Budżetowanie niepewności pomiaru sztywności statycznej obrabiarek”, w związku z prowadzonym przez Radę Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie przewodem o nadanie stopnia doktora.

Zamawiający

Opinię wykonano na zlecenie Pana Prorektora d.s. Nauki Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie prof. dr hab. inż. Jacka Przepiórskiego, (pismo L.Dz. WIMiM/302/2022, z dn. 04/07/202-21r.)

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 Pan dr hab. inż. Paweł MAJDA, prof. ZUT. Praca nie posiada promotora pomocniczego. Pracę przedstawiono na 120 stronach maszynopisu wraz z załącznikami, w układzie 6 rozdziałów głównych i podrozdziałów wraz z załącznikami i streszczeniem, zarówno w j. polskim jak również w j. angielskim, bibliografią oraz wykazem rysunków i tabel. Rozprawę poprzedza jednostronicowy wykaz ważniejszych oznaczeń i akronimów, bardzo krótki wstęp i wprowadzenie do omawianej problematyki, zaś kończy krótkie podsumowanie i ulokowane w nim wnioski. Autorka pracy nie nakreśliła dalszych kierunków swoich prac badawczych, co nie pozwala stwierdzić czy przyjęta metodyka i obszar badawczy będzie dalej rozwijany.

Temat, treść rozprawy, tezy i rozwiązanie problemu naukowego

Przedmiotem rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Joanny Jastrzębskiej jest analiza składowych budżetu niepewności pomiaru sztywności statycznej obrabiarek. Autorka pracy podejmuje bardzo ważny i aktualny problem naukowy budżetowania niepewności pomiaru. Stwierdza, że analiza niepewności pomiaru sztywności statycznej obrabiarek i jej budżetowanie stanowi kluczowy element zbioru informacji do potwierdzenia spójności pomiarowej oraz spójności pomiarowej poprawek kształtowania przedmiotu obrabianego (str.18) z czym trudno jest się nie zgodzić. Praca wykonana jest w ośrodku o długoletnich tradycjach badawczych i dużym potencjale oraz zgromadzonej wiedzy. Bazą dla niniejszej rozprawy są liczne prace badawcze wykonane wcześniej, w tym również z udziałem Promotora i Autorki.

Temat i treść pracy są spójne. Treści merytoryczne prezentowane w rozprawie są przedstawiane z bardzo dużym poziomem szczegółowości i są adekwatne do rozważanych problemów. Można stwierdzić, że autorka przeprowadziła szerokie studium literatury i posiada umiejętność syntetyzowania wiedzy oraz planowania eksperymentu.

Teza i cel pracy, wynikające z tak dokładnie wykonanego przeglądu literatury, jest bardzo konkretna i brzmi: „Szacowanie niepewności pomiaru sztywności statycznej obrabiarki umożliwia potwierdzenie spójności pomiarowej z jednostką długości dla wyznaczania poprawek kształtowania przedmiotów obrabianych”. Nasuwa się jedynie pytanie czy jest to wystarczające? Czy sama sztywność statyczna i czynniki na nią wpływające są wystarczające do określenia poprawek kształtowania części maszyn? Inne pytanie dotyczy sposobu w jaki Autorka pracy zamierza

wykorzystać wyznaczone poprawki w procesie produkcyjnym? Uwzględniając definicję spójności pomiarowej jako: "... właściwości pomiaru lub wzorca jednostki miary polegającej na tym, że można go powiązać z określonymi odniesieniami, na ogół z wzorcami państwowymi lub międzynarodowymi jednostkami miary, za pośrednictwem nieprzerwanego łańcucha porównań, z których wszystkie mają określone niepewności....", warto zadać pytanie jakie odniesienia autorka zastosowała w pracy i co stanowiło odniesienie do wyników przeprowadzonych badań? Autorka nie proponuje żadnej innej tezy pomocniczej, co oczywiście nie jest błędem. Można było jednak w świetle wykonanych badań taką tezę postawić, tym bardziej, że zaproponowany system pomiarowy jest autorski a metodologia bardzo interesująca.

Niepewność pomiaru jest pomijana w wielu nawet najbardziej znamienitych pracach, wybitnych naukowców. Tym bardziej poruszana tematyka pracy niesie ładunek naukowy i poznawczy. Można postawić pytanie, na ile uzyskiwane i prezentowane czytelnikowi wyniki są reprezentatywne dla analizowanych i opisywanych zjawisk w tych publikacjach? Podjęcie przez autorkę tej tematyki i wybór złożonego układu masowo dyssypacyjno – sprężystego (UMDS) jakim jest obrabiarka, a także złożonego systemu pomiarowego, jest nie lada wyzwaniem dla naukowca.

Produkcja coraz to nowocześniejszych i bardziej precyzyjnych maszyn CNC wymusza stosowanie precyzyjnych i skutecznych metod identyfikacji sztywności tych maszyn i ich podzespołów. Ważnym aspektem samego pomiaru sztywności jest jego wiarygodność, a także wpływ wszystkich możliwych do zidentyfikowania składowych niepewności pomiaru. Tylko wówczas jesteśmy w stanie rozeznać, jaki jest obiektywnie stan układu masowo dyssypacyjno – sprężystego (UMDS) maszyny. Ma to szczególne znaczenie w aspekcie wysokiej produktywności przedsiębiorstw wytwarzających obrabiarki. Autorka pracy stawia sobie za cel opracowanie takiej metody i strategii wyznaczania sztywności statycznej oraz budżetowania pomiaru sztywności, które mogłyby być pewnym i obiektywnym standardem oceny maszyn, przynosząc jednocześnie producentom wymierne korzyści ekonomiczne, uczciwą konkurencję a nabywcom pewność jakości maszyny. Zaproponowana metoda pomiaru sztywności i jej budżetowanie może przynieść wymierne skutki użytkowe poprzez znaczące skrócenie czasu przygotowania do pomiaru, jak również fizycznej realizacji samego pomiaru. Takie przypuszczenie można postawić zawsze i w odniesieniu do każdego badania. Autorka na str. 18 wspomina, „Prognozuje się, że efektem użytkowym będą rozważania dotyczące racjonalności uzyskiwania poprawek kształtowania...”, przy czym należy wskazać, że słowo „efekt” to nie tylko rozważanie czy przypuszczenie, ale konkretny wymiar użytkowy, użytkowy i ekonomiczny, który ma być osiągnięty w wyniku realizowanych badań. Autorka rozprawy w oparciu o szereg bardzo rozbudowanych eksperymentów, modelowania oraz obliczeń i analiz udowadnia postawioną tezę.

Ocena wartości naukowej rozprawy

Autorka pracy podejmuje bardzo ważny i jednocześnie trudny do jednoznacznego rozwiązania problem naukowy, dotyczący implementacji procedur pomiarowych do obiektywnej i jednoznacznej oceny sztywności statycznej obrabiarek oraz budżetowania jej niepewności pomiarowej. W rozdziale 2.3 autorka wykazała, że dotychczas stosowane metody pomiarów sztywności statycznej obrabiarek z wykorzystaniem metod znormalizowanych oraz z zastosowaniem standardowych systemów pomiarowych nadal pozostają w fazie rozwojowej. Trudność ta jest związana z adaptacją opracowanych dotychczas procedur pomiarowych dla szerokiej gamy pętli strukturalnych obrabiarek (wiele elementów korpusowych z połączeniami ruchomymi), ich typów i rodzajów, wraz z szczegółowym określeniem budżetu niepewności. Adaptacyjność wykorzystywanych procedur musi być każdorazowo dopasowana do konkretnej obrabiarki i jej stopnia eksploatacji. To ogranicza nieco uniwersalność opracowanych modeli.

Autorka rozprawy wykorzystuje ogólny model liniowy dla pomiaru sztywności, przyjmując założenie, że składowe obrabiarki (elementy korpusowe) są idealnie sztywne a pomiędzy nimi występują elementy sprężyste i każdy z nich posiada 6 stopni swobody oraz jest charakteryzowany przez odpowiednie 3 współczynniki sztywności translacyjne i 3 rotacyjne. Autorka rozprawy dokonuje zapisu macierzowego równań, których interpretacja i analiza jest szczegółowo zapisana w rozdz. 4.2. Model ten uwzględnia wektor przemieszczeń uogólnionych jako macierzy kolumnowej 6 elementowej z uwzględnieniem opóźnienia czasowego przemieszczenia translacyjnego (3) względem siły, ewentualnie kąta obrotu dla 3 przemieszczeń kątowych, a także macierz sztywności 6x6 zawierającą odpowiadające osiom maszyny 3 sztywności translacyjne i 3 sztywności skrętne, stanowiące diagonalne macierze sztywności 6x6. W modelu tym wartość sztywności jest stosunkiem przyrostu bezwzględnej wartości siły do przemieszczenia translacyjnego lub odpowiednio momentu do przemieszczenia rotacyjnego, gdzie macierz siły jest kolumnowym wektorem sił uogólnionych w chwili czasu t . Wyraz wolny w przyjętym modelu liniowym jest kolumnową 6 elementową macierzą wyrazów wolnych równania liniowego.

Autorka dokonuje stosownych przekształceń a następnie optymalizacji sposobu rozmieszczenia czujników pomiarowych: dla układu płaszczyzn rozłożonych centralnie względem punktu początkowego (dla różnej liczby punktów pomiarowych - czujników: 6, 9, 12, 15) oraz rozmieszczenia czujników w układzie przesuniętym $x=y=z=400\text{mm}$, również dla różnej liczby punktów pomiarowych - czujników: 6, 9, 12, 15). Badania symulacyjne przeprowadzono w środowisku programowym MATLAB wykorzystując stosowne do tego celu funkcje. Otrzymane rozwiązanie zadania optymalizacyjnego (współrzędne rozmieszczenia czujników) stanowią podstawę dalszych obliczeń przedstawionych w pracy, pozwalających na określenie składowych niepewności pomiaru i jej minimalizację oraz maksymalnych wartości błędu metody jako różnicy przemieszczeń uogólnionych przyjętych apriori a uzyskanych obliczeniowo (w procentach). Podczas analizy niepewności wyznaczania przemieszczeń uogólnionych bryły sztywnej jako funkcję celu przyjęto minimum sumy kwadratów poszczególnych niepewności przemieszczeń uogólnionych. Zaprezentowane w pracy analizy uznają za właściwe i zasadne. Pozwoliły one autorce na wybór optymalnego usytuowania sensorów pomiarowych z uwagi na minimum niepewności pomiaru, wartości niepewności rozszerzonych współrzędnych uogólnionych/przemieszczeń uogólnionych, wartości współczynników korelacji dla współrzędnych uogólnionych / przemieszczeń uogólnionych oraz wskaźnika uwarunkowania macierzy, maksymalnego błędu metody i sił uogólnionych. Dokonane analizy pozwoliły na zaproponowanie syntetycznego algorytmu wyznaczania niepewności pomiaru sztywności statycznej obrabiarek, zaprezentowanego na str. 63.

Z uwagi na złożoność analiz autorka wykorzystowała metodę Monte Carlo (MC), która jest stosowana do modelowania matematycznych procesów zbyt złożonych, aby można było przewidzieć ich wyniki za pomocą podejścia analitycznego, opierającą się na przypisaniu rozkładów prawdopodobieństwa do wielkości wejściowych modelu, wyznaczenia reprezentacji rozkładu prawdopodobieństwa dla wielkości wyjściowych oraz określeniu wielkości wyjściowych wraz z ich niepewnościami złożonymi i korelacjami. Takie podejście uznaje za bardzo cenne i niezbędne do opracowania procedur adekwatnych do rozważanych w pracy problemów pomiarowych. Za równie ważne uznają wykonane badania i eksperymenty oraz zadania modelowania i optymalizacji.

Przedstawiony na str. 63 algorytm szacowania niepewności pomiaru sztywności statycznej nie budzi wątpliwości. Jest on transparentny, czytelny i logiczny. Wyniki budżetowania zaprezentowane w pracy w dwóch wariantach (wariant 1 zakłada spójność pomiarową przyrządów pomiarowych z jednostkami wielkości, które podlegają pomiarowi, wariant 2 – w którym brak spójności pomiarowej) określone i opisane są w sposób jednoznaczny i poprawny z niewielkimi uwagami edytorskimi. Przedstawione zestawienia porównawcze budżetu niepewności pomiaru sztywności obrabiarki dla wariantu nr 1 i nr 2 wykazują charakterystyczne składowe mające determinujący wpływ na końcową wartość budżetu sztywności K , liniowość L , oraz wyraz wolny B i opóźnienie \square . Dla wariantu 1 są to np. niepewność pozycjonowania czujników przemieszczenia oraz niepewność punktu zaczepienia i kierunku działania siły. Stwierdzono również na podstawie analizy korelacji sztywności, że zwiększenie liczby czujników przemieszczenia może zmniejszyć korelację sztywności i przedziały ich niepewności. W wariacie 2 wykazano że dominującymi składowymi niepewności są charakterystyki metrologiczne przyrządów pomiarowych. Okazuje się również, że niepewność rozszerzona pomiaru sztywności obrabiarki dla wariantu nr 2 jest tylko nieznacznie wyższa od wariantu nr 1, co z uwagi na brak spójności pomiarowej znajduje logiczne uzasadnienie. Szkoda, że autorka nie dokonała analizy ilościowej w treści pracy. Nie mniej jednak czytelnik może przeanalizować to w oparciu o przedstawione charakterystyki.

W części końcowej pracy uzyskane informacje dotyczące niepewności pomiaru sztywności obrabiarki wykorzystano do określenia poprawek kompensujących kształtowania części i odniesiono je do dokładności wykonania przedmiotu obrabianego z odniesieniem do klas tolerancji nominalnych wg ISO 286-2. Posłużono się kryterium określonym przez firmy Bosch i Ford a następnie dla 4 przypadków wykonano analizę porównawczą, określając obszar akceptowalności systemu pomiarowego sztywności statycznej obrabiarki ze względu na zasadność wyznaczania poprawki kształtowania części obrabianej. Praca jako całość nie budzi większych zastrzeżeń, nie mniej jednak nasuwają się nieliczne pytania o charakterze jakościowym i ilościowym oraz drobne uwagi.

Do najważniejszych z nich należy zaliczyć:

- Jak zaprezentowana metoda może zostać przetransponowana na inne konstrukcje i rozwiązania geometryczne maszyn?
- Czy da się zastosować zaproponowane podejście badania sztywności i oceny niepewności pomiaru dla obrabiarek innego typu np. tokarek, szlifierek itp.
- Czy w ogóle ocena sztywności statycznej i budżetowanie niepewności pomiaru sztywności statycznej dają jednoznaczną ocenę maszyny, pomijając sztywność dynamiczną, stykową i ich wpływ na konstytuowane części?
- Czy autorka uwzględniła sztywność stykową budując budżet niepewności, nie doszukałem się bowiem w pracy takich analiz, czy jest ona może składową sztywności statycznej?
- Może za wiarygodne i dojrzałe metrologicznie należy uznać rozważanie opisywania tych trzech sztywności jednocześnie?
- Być może zasadnym byłoby określenie stosunków wskaźników sztywności w ocenie maszyny? Dałoby to pewne uniwersalne podejście do badania a następnie budżetowania niepewności pomiaru sztywności obrabiarek.
- W obliczu braku nakreślenia dalszych prac badawczych, zasadne jest pytanie czy autorka rozprawy w swoich dalszych badaniach pochyli się nad opracowaniem nowych wskaźników oceny obrabiarek z punktu widzenia sztywności oraz opracowaniem nowych ustandaryzowanych wytycznych, w tym uwzględniających sztywność dynamiczną i stykową.
- podczas pomiarów fizycznych kluczowym zagadnieniem jest określenie i ustalenie temperatury pomiaru. W jaki sposób autorka pracy to osiągnęła i jakie były warunki pomiaru?
- Czy wykorzystane stanowisko pomiarowe siły było wzorcowane i kalibrowane przed pomiarem. Jeśli tak to w jaki sposób?
- W rozdz. 5.2 Autorka podaje, że siłownik pneumatyczny mocowano tak, żeby wywoływał momenty gnące w płaszczyźnie X-Y a oś siłownika pokrywała się z płaszczyzną obrotu wrzeciona, czyli z osią Z maszyny? Z rys. 5.2 w ogóle takie ustawienie nie wynika.
- Autorka podaje, że wykorzystano sensory pojemnościowe ze świadectwem kalibracji oraz wskazuje co w nim jest. Czy w celu potwierdzenia tych danych, dokonano kalibracji czujników pomiarowych przed pomiarami czy uznano je za skalibrowane poprawnie i zachowujące swoje charakterystyki metrologiczne?
- W rozdz. 5.2 określono, że badania realizowano dla 5-osiowej frezarki średniej wielkości, nie podając jej symbolu, kluczowych parametrów geometrycznych czy po prostu zdjęcia stanowiska badawczego pokazującego obiekt badań. Z rys. 5.2 nie wynika, że to jest frezarka 5 – osiowa. Jedyne można dopatrzeć się tego na okrojonym do maksimum rys. 5.4 (frezarka ze stołem obrotowo – uchylnym). Proszę o krótki komentarz w tej sprawie.
- W jaki sposób i czy w ogóle uwzględniono luzy w wieloprzegubowych uchwytach i zaciskach mocujących sensory, czy miały one jakkolwiek wpływ na wynik pomiaru?
- Badanie odtwarzalności (str. 72-74) budzi moje duże zainteresowanie z uwagi na bardzo dużą rozbieżność wyników od 0.14-0.63 μm . Czy nie okaże się, że wyniki te zależą w znacznie większym stopniu od operatora niż cech metrologicznych składowych toru pomiarowego? Budżet niepewności pomiaru będzie wówczas niereprezentatywny.
- Nie doszukałem się w pracy lub przeoczyłem liczby powtórzeń poszczególnych eksperymentów.

Bardzo rzeczowo sformułowane wnioski z analizy literatury stanowiące syntetyczne ujęcie state of the art zamieszczone są w rozdziale drugim. Dobór rozpatrywanych zagadnień jest prawidłowy i moim zdaniem, pozwala na ocenę dotychczasowego stanu wiedzy oraz stanowi solidną podstawę do określenia celów pracy – naukowego i użytecznego, obszaru oraz metodyki badań własnych Autorki.

Autorka wykonała bogaty eksperyment naukowy. Wykazała się umiejętnością planowania doświadczeń oraz syntetyzowania wiedzy. Analizując całość pracy, należy wskazać na wiele pozytywnych cech aplikacyjnych wykonanych badań. Mogą one przynieść dużo efektów użytecznych z zastosowania w praktyce. Zaprezentowana dyskusja wyników i podsumowanie świadczą o dużej dojrzałości naukowej Autorki rozprawy. Przedstawione treści merytoryczne i wyniki badań eksperymentalnych pozwoliły na udowodnienie postawionej tezy oraz osiągnięcie postawionego celu pracy, jednoznaczne wnioski naukowe, poznawcze i użyteczne.

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 nie budzi większych zastrzeżeń, nie mniej jednak Autorka nie ustrzegła się drobnych niedociągnięć i niedoskonałości. Do najważniejszych z nich należą:

- nieco dziwna i nieuzasadniona jest numeracja stron, gdzie strona 1 to strona wstępu, zaś strony poprzedzające to domniemana i/strona, a następnie ii/strona, iii/strona, iv/strona, v/strona,
- brak zachowanych proporcji rysunków macierzy korelacji niepewności oraz sił w pracy (od bardzo małych do bardzo dużych), niejednorodne grubości linii na wykresach, szczególnie tych wykonanych przez Autorkę rozprawy, str. 57-58 (rys. 4.21-4.22),
- czy rys. 1.1 z wstępu (str. 2) w sensie idei jest zaproponowany przez autorkę, czy jest to kopia rysunku innego autora – brak przypisu?
- rys. 2.1 z str. 6 zaczerpnięty z literatury [8] powinien być opisany po polsku, zaś obecnie jest opisany po niemiecku,
- podobnie rys. 2.2 ze str. 16 wydaje się być zapożyczony, a przynajmniej wykonany na bazie doniesień literaturowych i powinien być opatrzone stosownymi przypisami. Ponadto w polskim podpisie rys. 2.2 autorka stosuje jednostki opisywane w języku angielskim (rpm zamiast obr/min),
- w zdaniu ze str. 11 Autorka pisze „... Wydaje się być słusznym...”, a powinno być „być słusznym”,
- Autorka stosuje intrygujące i przykuwające uwagę tytuły lub zdania, np. na str. 12 można przeczytać „...rozpoczął się proces harmonizacji norm krajowych ze standardami europejskimi.”. Na str. 13 autorka pisze w podtytule „...„Niedojrzałość metrologiczna” badań sztywności...” oraz w innym miejscu na str. 14 np.: „...zagadnienie badań sztywności statycznej obrabiarek znajduje się na początkowym etapie drogi do osiągnięcia metrologicznej wiarygodności.”,
- Autorka niejednokrotnie posługuje się pojęciem wyrobu (-ów) (np. str. 18), zamiast części, przedmiotów obrabianych czy po prostu elementów,
- na str. 28 (rys 4.3) Autorka niepoprawnie umiejscowiła układ płaszczyzn przesunięty względem początku układu $X=Y=Z=400\text{mm}$, a przynajmniej zaprezentowana grafika tego nie potwierdza.
- tekst wypunktowywany, umieszczony pod rysunkiem 4.3 i w wielu innych miejscach, powinien być pisany z małej litery, zakończony przecinkiem zaś na samym końcu kropką.
- Oznaczenia osi xyz są definiowane raz małymi (modelowanie i optymalizacja) a raz dużymi literami (eksperyment badawczy), czym to jest podyktowane i czy istnieje jakaś różnica w znaczeniu takiego zapisu.
- Autorka jako separatora liczb dziesiętnych używa kropki. Jak wiemy, w Polsce separatorem dziesiętnym jest przecinek, a do oddzielania grup trzycyfrowych stosuje się spację nielamliwą, przy czym rozdzielanie spacją tych grup stosuje się w liczbach pięciocyfrowych i większych. Czym było to podyktowane?
- Zazwyczaj pierwiastek z błędu średniokwadratowego (RMS - Root Mean Square) i wiele innych, opisywany jest dużymi literami, dlaczego Autorka zmieniła ten zapis zwyczajowy?
- wątpliwości moje budzi zapis równań i zapis jednostek (równania: 5.3; 5.6; 5.12; 5.13; 5.14; 5.15; 5.17 itd.) czy też ich dublowanie np. w tab. 1-19,
- warto zwrócić uwagę na ilość liczb znaczących po przecinku np. tab. 28,
- literatura specjalistyczna obejmująca 70 pozycji dobrana trafnie, mimo że jej zapis wymaga wielu udoskonaleń (konsekwencji w podawaniu wydawnictwa, miejsca wydania, numerów stron, itp.),
- układ rozprawy i podział treści między poszczególne rozdziały jest logiczny, choć moim zdaniem, można by go nieco zmodyfikować.

Przytoczone nieliczne niedociągnięcia, nie obniżają wartości naukowej i poznawczej ocenianej rozprawy doktorskiej. Struktura pracy i treści merytoryczne, odpowiadają wymaganym standardom stawianym rozprawom doktorskim. Język pracy nie budzi zastrzeżeń, jest fachowy i profesjonalny. Uwzględniając całokształt przedstawionych treści merytorycznych zarówno w części teoretycznej jak i praktycznej pracy, oceniam je pozytywnie.

Podsumowanie i wniosek końcowy

Biorąc pod uwagę całość pracy, należy stwierdzić, że zaprezentowane wyniki posiadają wymiar poznawczy i naukowy. Podsumowując aspekty naukowe pracy, pomimo nielicznych niedoskonałości uważam je za wartościowe oraz o dużym potencjale naukowym. Autorka osiągnęła przyjęte w pracy założenia i pozyskała wystarczający materiał badawczy pozwalający jej na udowodnienie postawionej w rozprawie tezy.

Na podstawie analizy rozprawy oraz bibliografii dorobku Autorki można stwierdzić, że jest Ona przygotowana do prowadzenia samodzielnej pracy naukowej. Autorka rozprawy wydatnie poszerzyła swoją wiedzę w obszarze badań obrabiarek i budżetowania niepewności pomiaru sztywności statycznej maszyn.

Podsumowując moją ocenę stwierdzam, że:

- rozprawa spełnia wymóg oryginalnego rozwiązania zagadnienia naukowego, wykonanego przez Autorkę,
- Autorka spełnia wymóg zwiększenia i wykazania ogólnej wiedzy teoretycznej w dyscyplinie Inżynieria Mechaniczna,
- oraz wykazuje umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

Uwzględniając przedstawioną do recenzji rozprawę doktorską i jej naukowy wkład w Dyscyplinę Inżynieria Mechaniczna stwierdzam, że zaprezentowana przez Panią mgr inż. Joannę Jastrzębską rozprawa pt.: „Budżetowanie niepewności pomiaru sztywności statycznej obrabiarek”, to oryginalne i wartościowe pod względem naukowym, ale także praktycznym osiągnięcie oraz rozwiązanie problemu określonego w tytule, celu i zakresie pracy.

Rozprawa spełnia wymagania ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Ustawa z dnia 14 marca 2003 r. (Dz. U. z 2017r. poz. 1789); rozporządzenie Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 19 stycznia 2018r. w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodzie doktorskim, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora (Dz. U. z 2018 poz. 261); ustawa z dnia 20 lipca 2018r. - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r. poz. 1668) i wnioskuję do Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Mechaniczna Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie o jej przyjęcie oraz dopuszczenie Autorki do publicznej obrony rozprawy.

KIEROWNIK
Katedry Podstaw Inżynierii Produkcji

dr hab. inż. JERZY JÓZWIK

Lublin, dnia 22 sierpnia 2022r.