

**OCENA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ MGR. INŻ. ŁUKASZA MOZGI
PT. „MODELOWANIE UKŁADU ELEKTROHYDRAULICZNEGO W ASPEKTCIE
OCENY JEGO STANU ZUŻYCIA”**

Podstawa opracowania: pismo Pana prof. dr hab. inż. Jacka Przepiórskiego, Prorektora ds. Nauki, Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie z dnia 27 kwietnia 2022 r., nr WIMiM/212/2022, do którego dołączono egzemplarz przedmiotowej rozprawy doktorskiej.

Recenzję dysertacji opracowano w odniesieniu do wymagań określonych w § 6.4 Rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodzie doktorskim, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora z dnia 19 stycznia 2018 roku (Dz.U. 2018 poz. 261) oraz warunków określonych w art. 13 ust. 1 Ustawy z dnia 14 marca 2003 roku, o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. z 2017 r., poz. 1789).

1. Aktualność rozprawy

Elektrohydrauliczne układy sterowania stanowią obecnie ważne narzędzie w funkcjonowaniu wielu zespołów maszyn i urządzeń technicznych. Rozwój wiedzy z zakresu informatyki, mechaniki, termodynamiki, inżynierii materiałowej oraz mechatroniki pozwala współczesnym inżynierom projektować skomplikowane układy funkcjonalne, realizujące często skomplikowane i odpowiedzialne funkcje – jak chociażby zastosowania w układach sterowania środków transportu bliskiego i dalekiego, czy też układów siłowych maszyn roboczych, takich jak np. roboty i automaty przemysłowe. Realizowane funkcje obejmują między innymi ruchy robocze tych maszyn oraz zapewniają bezpieczeństwo ich użytkownika, a integracja elektrohydraulicznych i elektromechanicznych elementów z elektronicznymi systemami sterowania pozwala uzyskiwać precyzyjne działanie. Jednocześnie, wraz ze wzrostem stopnia skomplikowania układów problem diagnostyki elektrohydraulicznego układu sterowania oraz elementów stanowi także istotne wyzwanie dla personelu technicznego realizującego różne procesy obsługowe oraz naprawcze maszyn i urządzeń w nie wyposażone. Zazwyczaj procesy te wymagają zastosowania specjalistycznego wyposażenia, dedykowanego konkretnemu rozwiązaniu technicznemu takiego układu. Ponadto, udostępniane przed producentów maszyn i urządzeń zbiory informacji diagnostycznych pozostają często ograniczone do technicznej możliwości

realizacji badań diagnostycznych w punktach obsługi i napraw oraz poziomu kompetencji ich personelu. Stąd, najczęstszą formą realizacji naprawy wadliwie działających zespołów i podzespołów wyposażonych w układ elektrohydrauliczny jest ich wymiana na nowy lub regenerowany, a ich regeneracja wykonywana jest przez wyspecjalizowany zakład naprawczy (najczęściej fabryczny).

Takie działania wiążą się zwyczajowo ze znacznymi kosztami napraw, jak i relatywnie długim czasem oczekiwania na naprawę – jak to się dzieje np. w przypadku procesów regeneracji. Obecnie, poprzez zastosowanie wielu miar efektywności stosuje się nowe wymagania w zakresie skuteczności procesów diagnostycznych i naprawczych. Wykonuje się takie oceny zarówno dla procesów technicznych, zachodzących w środowisku, jak i ekonomii, gdzie nie liczy się tylko efekt, ale także koszt uzyskania tego efektu. Często, jako kryteria oceny przyjmuje się uzyskiwane wartości średnie wskaźników/parametrów odpowiadające danym cechom fizycznym, technicznym, ekonomicznym lub uciążliwości środowiskowej, uzyskiwane lub przewidywane do uzyskania w określonym przedziale czasowym. Dodatkowo, kryteria oceny efektywności procesów związane są także z zmianami w zakresie wymagań administracyjnych zapisywanych w postaci dzienników, rozporządzeń bądź też regulaminów. Te grupy kryteriów prowadzą do „doskonałości” obiektów technicznych i stymulują ich rozwój poprzez poszukiwanie nowych rozwiązań w zakresie projektowania, materiałów, technologii wytwarzania oraz organizacji procesów eksploatacji. Stąd, rozwój wiedzy z zakresu zmian cech, parametrów w funkcji czasu lub zużycia elementów maszyn i urządzeń stanowi istotne zadanie dla zwiększenia wartości wskaźników oceny niezawodności obiektów technicznych.

Ze strony organizacji i zarządzania eksploatacją obiektów technicznych istotną rolę, w pozytywnej ocenie właściwości eksploatacyjnych przez eksploatatora oraz użytkownika, odgrywa skuteczny proces diagnozowania oraz prognozowanie diagnostyczne, które pozwala osiągać wysokie wartości wskaźników miar efektywności obiektów wynikające z niezakłóconej możliwości realizacji zadań tych obiektów. Dzięki nim można zmniejszyć prawdopodobieństwo (ryzyko) wystąpienia awarii a jednocześnie, dzięki możliwej ocenie intensywności i zaawansowania procesów zużycia, także zmniejszyć koszt ewentualnej naprawy, umożliwiając wykonanie regeneracji zużytych elementów zespołów maszyn i urządzeń.

Mając na uwadze powyższe stwierdzam, że Doktorant podjął się ważnej – z względu na aplikacyjność, i trudnej - ze względu na stopień skomplikowania systemu, tematyki związanej z analizą funkcjonowania i diagnostyki technicznej zespołów elektrohydraulicznych maszyn. To połączenie stanowi o właściwym doborze tematyki pracy w pełnej spójności z aktualną oraz przewidywaną tendencją zmian w prowadzonych procesach diagnostycznych oraz prognozowania diagnostycznego uwzględniającego warunki użytkowania obiektów. Ponadto, Doktorant podjął się próby opracowania kompleksowej metodyki dla testów i procesów diagnostycznych oraz ich kryteriów oceny dla elementów zautomatyzowanych skrzyń biegów wyposażonych w elektrohydrauliczny układ sterowania bazując na układzie typu Selespeed.

Na podstawie przeprowadzonych analiz i badań eksperymentalnych, opracował metodykę określenia stopnia zaawansowania procesów zużycia wraz oszacowaniem czasu pracy do wystąpienia awarii lub konieczności przeprowadzenia naprawy. Zaprezentowane w pracy podejście naukowe i inżynierskie do tak wielowymiarowego zagadnienia jakim są

samochody i ich zespoły, oraz dbałość o rzetelność badawczą i analizę wyników a w tym także charakteru aplikacyjnego zbudowanego stanowiska badawczego, poprawność metodyczną i należyte rozwiązanie zadań badawczych, stanowi bezsprzecznie o zaletach ocenianej dysertacji. Doktorant zadbał także o to, aby wyniki analiz oraz wyniki badań eksperymentalnych, a na ich podstawie sformułowane wnioski, przedstawić w sposób ciekawy i zrozumiały, przez co zaprezentował właściwe ujęcie problemu i jego rozwiązania. Jednocześnie Autor zachował użyteczność otrzymanych wyników, czego konsekwencją są zawarte w pracy analizy, wnioski i narzędzia metodyczne, badawcze oraz programowe, które stanowią oryginalny dorobek Doktoranta.

2. Ocena merytoryczna

Opiniowana praca została wykonana pod opieką promotora w osobie dra hab. inż. Karola F. Abramka prof. ZUT oraz dra inż. Konrada Prajwowskiego pełniącego rolę promotora pomocniczego.

Przedłożone opracowanie składa się z 9 ponumerowanych rozdziałów głównych zawartych na 150 stronach maszynopisu formatu A4. W pracy zawarto streszczenia w języku polskim i angielskim (str. 5). Na początkowych kartach opracowania zawarto wykaz stosowanych oznaczeń (2 str.) oraz 5 stron opracowania przeznaczono na zamieszczenie wykazu analizowanej literatury polsko- oraz obcojęzycznej w liczbie 70 pozycji. Wykaz ten obejmuje artykuły naukowe, książki wydawnictw branżowych oraz informacje zawarte w przemysłowych materiałach techniczno-informacyjnych.

W pracy zawarto łącznie 128 rysunków (34 w rozdziale drugim, 14 w rozdziale czwartym, 15 w rozdziale piątym, 50 w rozdziale 6, 3 w rozdziale 7 oraz 11 w rozdziale ósmym) oraz łącznie 16 tabel. Układ pracy jest klarowny, a poszczególne rozdziały i podrozdziały stanowią swoje logiczne następstwo. Podrozdziały stanowią rozwinięcie rozdziałów 4÷8. Układ edycyjny pracy także nie budzi istotnych zastrzeżeń. Język i zastosowana przez Autora stylistyka pracy są poprawne, a użyte określenia branżowe są konsekwentne i zasadniczo spójne dla całego obszaru pracy.

Oceniana rozprawa doktorska *mgra inż. Łukasza Mozgi* jest znaczącym osiągnięciem Autora w zakresie objętym tytułem oraz zawiera wiele nowych elementów, które można uznać za Jego oryginalny dorobek, stanowiący wkład w rozwój dyscypliny Inżynieria Mechaniczna, a szczególnie jej dziedzinę nauk o eksploatacji pojazdów samochodowych i maszyn roboczych w zakresie diagnostyki obiektów technicznych takich, jak ich zespoły i układy sterowane elektrohydraulicznie.

Jak już wspomniano, praca w głównej mierze dotyczy obszaru diagnostyki obiektów technicznych w postaci zespołów oraz podzespołów samochodów osobowych w zakresie ich cech techniczno-eksploatacyjnych definiowanych na etapie projektowania, realizowanych podczas wytwarzania oraz użytkowanych wraz z przyjętym systemem organizacji obsługi technicznych i napraw. Szczegółowym celem opracowania stanowi analiza techniczno-eksploatacyjna układu sterowania zrobotyzowanej skrzyni biegów typu Selespeed koncernu FCA stosowanej w samochodach osobowych.

Wykonane badania eksperymentalne pozwoliły Autorowi na opracowanie modeli matematycznych oraz wykonanie analiz obliczeniowych wskaźników charakteryzujących

stopień zużycia eksploatacyjnego na podstawie zdeterminowanych parametrów wejściowych odniesionych do warunków pracy skrzyni biegów w pojeździe.

Niezwykle istotnym aspektem opracowanej dysertacji jest strona praktyczna zrealizowanych badań eksperymentalnych, które stanowiły narzędzie doskonalące opracowane modele matematyczne naturalnie ograniczone założeniami i uproszczeniami. Ponadto, finalnie uzyskane zakresy referencyjne dla parametrów pracy zrobotyzowanej skrzyni biegów w sposób istotny mogą wpłynąć na aplikacyjność uzyskanych wyników w zakresie czynności diagnostycznych i skuteczności prowadzonych procesów diagnostycznych, co jest tym bardziej ważne, że dostępne od producenta pojazdu instrukcje i drzewa diagnostyczne przedmiotowego zespołu ograniczone zostały zasadniczo do kontroli realizowania poszczególnych funkcji, a nie ich wartości parametrów statycznych lub charakterystyk dynamicznych.

Autor w pracy zdefiniował **tezę pracy** w postaci twierdzenia, cyt. **„Możliwe jest przeprowadzenie oceny stanu technicznego zużycia poszczególnych elementów składowych układu elektrohydraulicznego w oparciu o model matematyczny i wyniki pomiarów głównych parametrów badanach obiektu.”**

Na podstawie tak postawionej tezy zdefiniowano cel główny pracy jako, cyt. **„opracowanie modelu predykcyjnego do przewidywania i oceny stanu zużycia wytypowanego układu elektrohydraulicznego”**.

Do realizacji celu głównego pracy oraz weryfikacji postawionej tezy Autor określił także zadania do wykonania, które dotyczyły:

- opracowanie modeli matematycznych i fizycznych poszczególnych elementów systemu sterowania skrzynią biegów typu Selespeed,
- przeprowadzenie badań eksperymentalnych na oryginalnie zaprojektowanym i wykonanym stanowisku dedykowanym analizowanej skrzyni biegów z uwzględnieniem jej sterowania,
- opracowanie kodów programowych do funkcjonowania elementów stanowiska badawczego,
- opracowanie kodów i wykonanie badań numerycznych w środowisku Matlab/Simulink umożliwiających określenie charakterystyk parametrów dynamicznych i ich wartości statycznych dla zdeterminowanych warunków pracy zrobotyzowanej skrzyni biegów,
- wykonanie badań eksploatacyjnych różnych przypadków awarii zrobotyzowanej skrzyni biegów,
- dyskretyzację zakresów dla wartości referencyjnych w procesie diagnostycznym systemu sterowania zrobotyzowanej skrzyni biegów,
- opracowanie modelu numerycznego, pozwalającego na opracowanie wskaźnika zaawansowania procesów zużycia oraz prognozy zmian wartości wybranych parametrów charakteryzujących stany pracy elementów układu sterowania elektrohydraulicznego skrzynią biegów.

We **wprowadzeniu** do dysertacji Autor zawarł treści wspomagające zrozumienie problemu oraz istotności podjętego zagadnienia.

Drugi rozdział zawiera treści stanowiące wprowadzenie do tematyki pracy, gdzie Autor dokonał przeglądu wybranej literatury odnoszącej się tematycznie do zagadnień i problemów objętych obszarem diagnostyki technicznej. W tym zakresie przedstawił główne efekty prac obejmujących analizę pozyskiwanych wartości sygnałów diagnostycznych na tle możliwości wystąpienia i lokalizacji przyczyn wystąpienia nieprawidłowych stanów pracy obiektów technicznych. Ponadto, w rozdziale tym Autor wskazuje na istotę automatyzacji czynności diagnostycznych ze szczególnym elementem jakim jest prognozowanie diagnostyczne i jego rola w procesie eksploatacji maszyn. Autor wskazuje tu też na nowe możliwości zastosowania algorytmizacji procesów diagnostycznych oraz zastosowania sieci neuronowych w rozwiązywaniu problemów technicznych. Zasadnym dla dalszego postępowania nurtem przedstawianych tu treści są zagadnienia związane z diagnostyką parametryczną pracy elementów hydraulicznych układów sterowania i hydraulicznych układów napędowych. Rozdział ten kończy się dość uogólnionym zestawieniem omawianych pozycji w postaci określenia związków podejmowanych przez analizowanych autorów działań naukowych z osiąganymi celami. Analiza tych działań oraz ich wyników pozwoliła Autorowi sformułować klarowne uzasadnienie dla realizowanej pracy, co jednocześnie stanowi deklarację intencji Autora.

Rozdział **trzeci** opracowania stanowi doprecyzowanie celu i zakresu pracy, gdzie jednocześnie zdefiniowano tezę pracy. Dalej, Autor uszczegóławia zakres przygotowania niniejszego opracowania oraz sposób udowodnienia postawionej tezy.

W rozdziale **czwartym** Autor scharakteryzował układ elektrohydrauliczny, jako zbiór elementów, stanowiący zrobotyzowaną samochodową skrzynię biegów o handlowym określeniu producenta Selespeed o typoszeregu C510. Następnie dokonano uszczegółowienia informacji dotyczących budowy układu sterowania zarówno od strony funkcjonalnej, jak i technicznej. Dokonana inwentaryzacja funkcjonalności posłużyć miała doktorantowi za podstawę dalszych etapów pracy związanych w modelowaniem matematycznym i analizami. Kandydat przedstawia tu także wyniki modelowania 3D z zastosowaniem elementów inżynierii odwrotnej (obrazowanie trójwymiarowe) z zastosowaniem przemysłowego aparatu Roentgena. Uzyskane obrazy posłużyły do określenia wartości cech i parametrów geometrycznych analizowanych zespołów wraz z przypisaniem ich funkcji na obrazach funkcjonalnych. W ramach wykonanych czynności wskazano także na obszary, które stanowią mogą źródło nieprawidłowości funkcjonowania skrzyni biegów w pojeździe.

W rozdziale **piątym** zawarto opis procesu tworzenia modelu matematycznego układu sterowania elektrohydraulicznego zrobotyzowaną skrzynią biegów. W tym celu dokonano podziału układu na trzy zespoły funkcjonalne, zgodne strukturalnie i realizowanymi zadaniami, czyli; zasilanie, sterowanie sprzęgłem i sterowanie biegami w skrzyni biegów. Dalej w pracy przedstawiono przyjęte założenia i ograniczenia oraz dokonano stosownych analiz zależności fizycznych oraz ich matematycznych postaci wyrażeń algebraicznych i równań różniczkowych dla każdego z trzech analizowanych podsystemów. Opracowane zależności matematyczne zostały zaimplementowane do środowiska obliczeniowego Matlab/Simulink, gdzie analizy zmiany parametrów pracy podsystemów podczas. Wyniki analiz zostały przedstawione w postaci graficznej za pomocą wykresów zależności zmiennych

w funkcji czasu. Rozdział ten stanowi istotny wkład dyplomanta w realizowaną część praktyczną pracy, ponieważ dedykowany jest zdeterminowanemu zbiorowi parametrów identyfikujących rozważane cechy funkcjonalne, a jednocześnie poprzez uogólnienie procesu modelowania można, zastosowaną przez Doktoranta, metodykę użyć także w innych przypadkach analiz podobnych zespołów i części maszyn.

W kolejnej części pracy (rozdział **szósty**) Autor dokonał przedstawienia cech i charakterystyk pracy rzeczywistych obiektów, stanowiących elementy pojazduowego układu napędowego w postaci zestawienia kadłuba silnika oraz skrzynki biegów wraz z kompletnym układem elektrohydraulicznym oraz autorskim układem sterującym. Układ sterowania został zaimplementowany przez Autora na podstawie wykonanych za pomocą kart pomiarowej typu Labjack T7 pomiarów sygnałów sterujących rzeczywistego i w pełni funkcjonującego zespołu napędowego oraz opracowanego przez Autora algorytmu sterowania w środowisku Matlab. Następnie w pracy zawarto wyniki pomiarów oraz charakterystyk pomierzonych sygnałów, a jednocześnie dokonano ich krytycznej analizy z zastosowaniem metody szacowania niepewności pomiarowych typu Monte Carlo. Działania te miały na celu określenie charakterystyk wzorcowych do wykorzystania w dalszym etapie pracy. Na podstawie uzyskanych wyników pomiarów oraz ich analizy Doktorant zbudował stanowisko do badań eksperymentalnych, gdzie zainstalowano rzeczywistą skrzynię biegów wraz z osprzętem służącym diagnostyce jej stanów pracy. W rozdziale tym zawarto także elementy planowania eksperymentów, gdzie opracowano matryce planu dwupozycyjnego dla każdego z badanych podsystemów tj. zasilania, sterowania sprzęgłem oraz sterowanie zmianą biegów. Następnie Autor dokonuje zestawienia wyników badań eksperymentalnych poszczególnych elementów badanych podsystemów z ich teoretycznymi parametrami pracy, co pozwoliło Doktorantowi opracować ich modele matematyczne oraz dokonać analizy pod względem opracowania zakresów referencyjnych charakterystyk parametrów pracy, niezbędnych do zrealizowania czynności diagnostycznych. Jednocześnie charakterystyki te posłużyły do uzyskania informacji o odpowiedzi układu na zdefiniowane zaburzenie. W tej części pracy zamieszczono także przykłady algorytmów testów diagnostycznych dla badanych podsystemów. Charakterystyki te obejmowały wielkości charakteryzujące parametry przepływowe, wskaźniki oraz parametry dynamiczne związane z przemieszczeniem oraz działającymi siłami.

Rozdział **siódmy** został dedykowany analizie uzyskanych uszczegółowieniu wyników badań eksperymentalnych w postaci charakterystyk dynamicznych dla wybranych przypadków uszkodzeń (nieszczelność oraz przemieszczenie) poprzez ich dyskusję i odniesienie do cech elementów układu sterowania oraz zjawisk fizycznych związanych z zaobserwowanymi wartościami parametrów pracy elementów badanych podsystemów.

Przedostatnia część pracy (rozdział **ósmy**) została dedykowana opracowaniu modelu prognozowania uzyskiwanych wartości parametrów pracy dla elementów badanych podsystemów układu sterowania zrobotyzowanej skrzyni biegów typu Selespeed. Celem przedstawianych tam analiz jest określenie prawdopodobieństwa, zasadniczo przedziału czasu użytkowania, w którym nastąpić może uszkodzenie przy uwzględnieniu zadanych warunków wejściowych charakteryzujących wybrane parametry pracy skrzyni biegów (charakter użytkowania pojazdu). W tej części pracy Autor przedstawił również wyniki badań eksploatacyjnych różnych modeli pojazdów wyposażonych w skrzynię biegów z układem

Selespeed, które uległy awariom tego układu z powodu wielu przyczyn. Na podstawie analizy uzyskanych danych Autor wskazał, że najczęstszą przyczyną nieprawidłowej pracy układu sterowania było uszkodzenie akumulatora hydraulicznego, który znajdując się w podsystemie zasilania stanowił istotną rolę w nieprawidłowym lub braku możliwości działania systemu sterowania skrzynią biegów. W konkluzjach sformułowanych na podstawie analizy danych eksploatacyjnych Autor wskazuje kolejno na elementy podlegające zużyciu odnosząc ich ujawnienie do przebiegu całkowitego badanych pojazdów.

Następnie Doktorant przedstawia kolejno zestawienia wyników obliczeń modelowanych elementów układu sterowania oraz wyniki pomiarów uzyskanych na stanowisku eksperymentalnym. Dla przedstawianych przykładów przedstawia logiczną argumentację oraz określa wartościowo zdefiniowane wcześniej wskaźniki oceny stopnia zużycia. Jako element podsumowania tej części opracowania Autor zamieszcza koncepcję układu hierarchicznego testów diagnostycznych koniecznych do zarządzania obiektem technicznym w postaci zrobotyzowanej skrzyni biegów.

W rozdziale **dziwiątym** dysertacji Autor zamieścił sformułowane konkluzje końcowe oraz wnioski opisujące perspektywę dla dalszych badań nad procesami modelowania układów hydraulicznych uwzględniających właściwości dynamiczne cieczy oraz dodatkowych zmiennych charakteryzujących procesy przepływu cieczy.

Zalety pracy

Do istotnych zalet pracy należy zaliczyć:

1. Opracowanie oryginalnego modelu matematycznego elektrohydraulicznego systemu sterowania zrobotyzowaną skrzynią biegów składającego się z trzech modeli, tj. modelu układu zasilania hydraulicznego, model układu sterowania elektrohydraulicznego sprzęgłem ciernym oraz modelu układu elektrohydraulicznego sterowania mechaniczną skrzynią biegów.
2. Opracowanie kryteriów oceny stopnia zaawansowania zużycia elementów analizowanych i badanych elementów modeli układów.
3. Wykonanie stanowiska do badań eksperymentalnych, umożliwiającego symulujące warunki pracy rzeczywistego obiektu technicznego w postaci zrobotyzowanej skrzyni biegów z układem sterowania typu Selespeed oraz wykonanie skomplikowanych i czasochłonnych badań eksperymentalnych stanowiących podstawę do opracowania charakterystyk dynamicznych i funkcjonalnych elementów modelowanych układów.
4. Wykonanie obliczeń numerycznych wartości diagnozowanych parametrów pracy układu sterowania celem przygotowania danych do opracowania charakterystyk dynamicznych dla zdeterminowanych stanów pracy elementów badanych układów elektrohydraulicznych oraz oszacowanie wartości wskaźników sprawności dla badanych elementów.
5. Wykonanie analizy statystycznej otrzymanych wyników badań eksperymentalnych i modelowych.
6. Wykonanie badań eksploatacyjnych dotyczących przypadków awarii elektrohydraulicznego układu sterowania na podstawie rzeczywistej grupy pojazdów oraz odniesienie ich wyników do zaproponowanych modeli stanów parametrów diagnostycznych.



7. Opracowanie modelu prognostycznego do celów diagnostycznych dla zdeterminowanych warunków pracy elementów układów elektrohydraulicznego systemu sterowania zrobotyzowanej skrzyni biegów.
8. Wykazano, że zastosowanie modeli matematycznych oraz określenie wartości głównych parametrów diagnostycznych pozwala skutecznie określić stopień zaawansowania zużycia eksploatacyjnego.
9. Treści zawarte w rozprawie służą pogłębieniu i uszczegółowieniu wiedzy o procesach diagnostycznych zespołów i podzespołów pojazdów samochodowych eksploatowanych warunkach rzeczywistych, podlegających procesom obsługowo-naprawczym oraz przedstawia sposób pozyskiwania i budowy modeli diagnostycznych dla obiektów technicznych.

Jako **osiągnięcia utylitarne** pracy należy uznać:

1. Autor pozyskał szereg danych diagnostycznych i charakterystyk dynamicznych parametrów diagnostycznych, niedostępnych w dokumentacji technicznej oraz informacji warsztatowej przygotowanej przed producenta zespołu w do celów obsługowo-naprawczych.
2. Opracowane modele predykcyjne mogą posłużyć do bezpośredniej oceny stopnia zaawansowania procesów zużycia na różnym etapie czynności eksploatacyjnych, w tym także w zakresie oszacowania wartości rynkowych pojazdów i ich zespołów.
3. Wykonanie stanowiska oraz opracowanie kryteriów oceny stanu technicznego obiektu, która pozwala na wykonanie czynności diagnostycznych dla układu elektrohydraulicznego systemu sterowania typu Selespeed zrobotyzowanej skrzyni biegów.
4. Autor zastosował szereg zagadnień narzędziowych związanych z realizacją swojej pracy – od aspektów dotyczących czynności obsługowo-naprawczych oraz demontażu i badań doświadczalnych, przez automatyzację opracowania danych (opracowanie modeli obliczeniowych Matlab/Simulink) oraz przygotowanie modeli oraz obliczeń wartości parametrów diagnostycznych i wskaźników stanu obiektów.
5. Opracowania modelu prognostycznego dla parametrów diagnostycznych elektrohydraulicznego układu sterowania.
6. Uzyskane w pracy wyniki oraz zaproponowane narzędzia mogą stanowić podstawę do dalszego rozwoju metod gromadzenia danych o procesach diagnostycznych elektrohydraulicznych układów sterowania maszyn i urządzeń.

Opracowane przez Autora funkcjonalne modele matematyczne i charakterystyki dynamiczne parametrów stanu dla badanych obiektów technicznych oraz predykcyjny model stanu stopnia zaawansowania procesów zużycia, gdzie zostały one szczegółowo przeanalizowane pod względem niepewności oraz istotności uzyskiwanych wyników obliczeń służących określeniu funkcji opisującej wskaźniki kierunkowe intensywności zużycia tych elementów, stanowią oryginalne opracowanie Autora. Część, z przedstawianych modeli, czy też metod, bazuje z ogólnie znanych zależnościach, jednak ich łączne zastosowanie oraz uwzględnienie specyficznych cech techniczno-eksploatacyjnych cech zespołów i elementów zrobotyzowanej skrzyni biegów oraz systemu sterowania elektrohydraulicznego jest w pełni oryginalne. Jako oryginalne, jak i nowoczesne, elementy rozprawy zaliczyć należy też

wykorzystanie współczesnych metod planowania eksperymentu, analizy źródeł danych oraz narzędzi komputerowych takich jak, obrazowanie 3D na aparacie Phoenix, analiza geometryczna obiektów z użyciem Solid Works, programowanie i analizy numeryczne z użyciem Matlab/Simulink - Fluid Sim.

Oryginalnym elementem pracy są również wyniki badań doświadczalnych Autora, wykonane w rzeczywistych warunkach eksploatacji pojazdów oraz uogólnienie uzyskanych wyników do całkowitego modelu diagnostycznego i predykcyjnego. Wśród zalet dysertacji należy również wymienić logiczny układ pracy oraz staranny materiał ilustracyjny, który w znacznej części stanowi efekt pracy jej Autora.

Merytoryczne niedoskonałości pracy

Jako główną niedoskonałość pracy należało by uznać nieco uogólniony opis założeń modelowych i nieco zbyt fragmentaryczne traktowanie o aspektach techniczno-eksploatacyjnych zespołów pojazdowych oraz właściwości materiałów (płynów) eksploatacyjnych. Ich opis oraz pełniejsze określenie zasadności ujęcia w opracowywanym modelu przyczyniło by się do bardziej klarownego opisu celu modelowania jak samych modeli i prezentowanych wyników obliczeń.

Wśród merytorycznych niedoskonałości pracy o charakterze naukowym i użytkowym podkreślić należy to, iż:

- zbyt jednoznacznie określono, że dotychczas nie opracowano modeli predykcyjnych dotyczących obiektów technicznych, a założenie to dotyczy tylko przedstawionych wyników analizy literatury;
- w modelach matematycznych pomięto lepkość płynu hydraulicznego i jej zmiany w wyniku zmiany temperatury płynu podczas pracy oraz wpływu prędkości przepływu na opory przepływu na wartości analizowanych parametrów pracy;
- uproszczono wpływ ciśnienia atmosferycznego na parametry pracy układu hydraulicznego,
- zastosowano uproszczenie eliminujące zjawiska turbulizacji przepływów, a tym samym m.in. wpływu kształtu i właściwości powierzchni kanałów na parametry kinematyczne przepływającego strumienia cieczy,
- nie rozważano wpływu proces wymiany ciepła pomiędzy cieczą a materiałem kanału i atmosferą na zmianę właściwości fizycznych cieczy hydraulicznej w okolicy bezpośrednio sąsiadującej z analizowanymi elektrohydraulicznymi elementami układu;
- nie zdefiniowano w sposób klarowny zakresu stosowalności opracowanych modeli i uzyskanych dzięki nim obliczeniom i wykonanych charakterystyk dynamicznych;
- braki w ujednoczeniu oznaczeń wielkości występujących we wzorach matematycznych oraz tekście pracy;
- zaproponowane kryteria oceny stanu elementów i układu elektrohydraulicznego mają charakter dość arbitralny, nie odnosząc się do przedstawianych treści w pracy;
- niekonsekwencja w stosowaniu jednostek SI oraz kropek w wartościach liczbowych, co zmienia zdecydowanie klarowne zrozumienie przekazywanych treści;
- brak określenia niepewności pomiarowych na wykresach,



- pomimo ogólnej staranności w przekazywaniu treści rozprawy, dostrzega się niekiedy nieścisłości wynikające z braku pełnego rozumienia terminologii lub jej niewłaściwego stosowanie dla obszarów wiedzy, którymi autor się nie zajmuje bezpośrednio,
- w wielu miejscach części praktycznej Autor dość pobieżnie opisuje przedstawiane wyniki nie artykułując ich pochodzenia – symulacja, czy badania eksperymentalne?,
- brak wyodrębnionego spisu rysunków i tabel.

Pozostałe uwagi krytyczne:

- niekonsekwencja zastosowanego wykazu oznaczeń oraz treści merytorycznych pracy, np. u -napięcie oznaczane jest jako V lub U w treści pracy,
- stosowanie względnych określeń bez odniesienia, np. „najszybszego..., Powyższe ..., itd” str.9,
- stosowanie uosobień np. „Aplikacja ... skupia się ..., żywotność, itd.” – str.9,
- „ponad to” – ponadto – str.10,
- oznaczenie literatury [2][18] – zamiast [2, 18] – str.10,
- brak stosowania kursywy do nazw własnych, wyrażen obcojęzycznych itd.
- niekonsekwencja w edycji przerw pomiędzy wyrazami, jednostkami, oznaczeniami i skrótami, np. str.11 – rys.1 w miejsce rys. 1,
- stosowanie potocznych określeń – np. „kontrolka akumulatora” str.11,
- zbędne odstępy między akapitami – np. str.13,
- błędy w formatowaniu podpisów rysunków – rys. 4,
- błędy w formatowaniu akapitów – str.15,
- swoboda w zakresie stosowania czcionek – np. str. 15 i 17 – dane przywoływanych autorów,
- dość niefrasobliwie używany znak „.” – zarówno w tekście jak i wartościach liczbowych i materiałach graficznych,
- niekompletny podpis rysunku 19, 29 i 39 lub niewłaściwie sformatowany,
- dość niefortunny zapis odnoszący się do rys. 22 i 23 – str.27,
- rys.26 jest w istocie tabelą?,
- „...udokładnienie...” str.31?,
- brak tłumaczenia określeń - rys.32, 33, 34,
- „maszyna pompowa...” – ? str.41,
- błędny podpis rys. 35,
- brak oznaczeń na rys. 36,
- opis w tekście rysunku powinien znaleźć się w podpisie rysunku (37 i 38) – str.42 i 43,
- funkcją akumulatora nie jest tylko „bycie zasobnikiem energii” ale również ma za zadanie tłumić pulsacje ciśnienia płynu hydraulicznego wynikające z funkcjonowania zespołów oraz budowy układu zasilania, stąd montowany jest „blisko” elektrozaworów – str. 43,
- zasady stosowania odstępów pomiędzy wartościami i jednostką są dość losowo zmienne,
- błędnie oznaczona cząsteczka azotu w postaci gazu – str. 52,
- opis założenia postaci zerowej wartości ciśnienia względnego – należało przyjąć wartość ciśnienia atmosferycznego,
- błędy w oznaczaniu wielkości we wzorach oraz ich opisach – np. wzór 3, str.53, itd.,
- potoczne i nieprecyzyjne określenia np. „...akumulator będzie ładowany...” w istocie chodzi o napełnianie medium w postaci płynu? – str.53,



- błędny podpis rys. 51 i niezgodność oznaczeń na rysunku i w podpisie – nie przedstawia „zazębienia ewolwentowego”,
- błędny podpis rys. 52,
- nie określono zakresu zmienności współczynnika sprężystości dla sprężyny sprzęgła – str.58,
- nie dookreślono wartości współczynników dla założeń – str. 59,
- błędnie określona wartość ciśnienia atmosferycznego (0 bar) – założenia – str. 59,
- „chłonność siłownika” - ? str. 59,
- przemieszczenie tłoczyska czy tłoka? wzór 24,
- brak logicznego przejścia pomiędzy zagadnieniami przepływu i ciśnień a mechaniczną stroną zespołu sterowania sprzęgłem str. 61 i 62,
- spadki ciśnienia wyrażać należy jednostkami ciśnienia – str.62,
- błędny podpis rys. 54b, brak naniesionych oznaczeń do wzoru 40 – schemat układu ...,
- brak tytułu tabeli – str.64,
- wzór 69 powinien znaleźć się przed opisem – str.71,
- powoływanie się na badanie ankietowe (wywiad) bez ujawnienia ich treści i wyników, wielkości próby, przyjętego poziomu ufności, itd. – str.72,
- co oznacza cykl mieszany – wg jakiej zależności został oszacowany? str. 72,
- „...znalezienie usterek...”? – str.72,
- tendencja to stosowania dość arbitralnych treści typu „...żaden...” str.73,
- wartości wskazywane w kryteriach są określone dość arbitralnie i nie posiadają swojego odniesienia do przedstawianych w pracy treści,
- skąd odniesienie do literatury – „[18]” – str.75?,
- Tab. 1 str. 79 – jak oszacowano błąd, czy są dane fabryczne? W tekście poprzedzającym tabelę wskazuje się na 3 punkty w tabeli, natomiast s umieszczono tylko dwa?, czy wartość 0 odpowiada ciśnieniu atmosferycznemu? Czy jest to ciśnienie bezwzględne? Jakiego rodzaju jest to czujnik?
- Jak wykazano w pracy, właściwości oleju hydraulicznego mają wpływ na działanie układu elektrohydraulicznego – nie przedstawiono istotnych dla badań właściwości zastosowanego oleju HL 46 – str. 81,
- brak wyjaśnienia różnic w wartościach napięć – rys. 70,
- dość nieprecyzyjny i nieoczywisty opis osi na wykresie – rys. 71,
- brak doprecyzowania rodzaju potencjometrów – str.83, gdzie w opisie Autor odnosi się do styków nie przedstawiając ich roli w układzie czujnika,
- różnica między czujnikiem, a przyrządem? Str.84,
- Brak tytułu w podpisie pod rys. 73,
- „...czujnik ... przekształca ruch liniowy siłownika w ruch obrotowy ...” - ? str.84,
- „liczba próbkowania”? str. 85,
- dlaczego zastosowano funkcję liniową do charakterystyki nieliniowej str. 85 i 86, jakie ograniczenia?,
- jaki jest wpływ napięcia zasilającego silnik pompy na jej wydajność/sprawność? Str.86?,
- jaka była podziałka cylindra pomiarowego? Str.87,
- jaka była liczba powtórzeń przy pomiarach „wielokrotna”?! str.87,
- wzór 72 to objętościowe natężenie przepływu?!,



- dlaczego użyto „wielomianu” do wyznaczenia liniowej charakterystyki wydajności objętościowej pompy – rys.76, i jaką ten wielomian miał postać,?
- „...powtarzalność pomiaru”?! Str. 90,
- jak rozumieć zdanie „Dla każdej niepewności” str. 90,
- brak danych pomiarowych – rys. 81 oraz sposobu uzyskania charakterystyki,
- błędna formuła 73 – to równania sin pierwszego stopnia?!!!!,
- analiza błędów pomiarowych „siłomierza” bez wpływu na charakterystykę – str. 94 i 95,
- błędy formatowania rysunków 82 i 83,
- „płytko Arduino...”?! str.97,
- jak wyjaśnić napięcie zasilające na poziomie 12 V skoro w pojeździe, jest zazwyczaj większe (nawet do 14,4V), czy zastosowano jakąś metodę kompensacji różnicy napięć –str.98,
- dość niefortunnie sformułowane założenia – str. 98,
- dość chaotycznie opisana „zasada” doboru planu eksperymentu – wyjaśnić – str.99-100,
- niezrozumiałe rozdrobnienie podrozdziałów 6.5.1-6.5.3?,
- forma zapisu treści – str.103,
- jednostki miary długości używane w mechanice to „mm” a nie „cm” – str.103,
- oznaczenia jednostek „Bar”?! rys. 87, 89,
- nieczytelne charakterystyki (rys. 87-88),
- brak tytułu tabeli – str. 105,
- stosowanie zamiennie nawiasów dla literatury i jednostek – str.105,
- błędne odniesienie do rys 90 – str. 108,
- jak ustalono zależność 92, co oznaczają poszczególne wartości?,
- zupełnie bez logicznego uzasadnienia rys. 93 – pole powierzchni w „m³” ?,
- różne oznaczenie tych samych wielkości, np., objętość akumulatora V-str. 105, V0 – str.111,
- różne ilość liczb znaczących w podawanych wartościach tej samej wielkości – P0, P1 – str.111,
- co oznacza „I=0 A” dla założenia wartości prądu sterującego – przecież wtedy prąd nie płynie?! – str. 111,
- dlaczego zmieniono wartość wykładnika politropy dla akumulatora z 1,25 – str. 103, na 1,0 – str.111?,
- nieklarowny podpis rysunku 94?,
- błędnie zastosowane odniesienia - str. 113,
- jak Autor wytłumaczy wartość uzyskanego współczynnika korelacji $R^2=1$ – str.113,
- podawane wartości oraz zakres błędów (korekty) powinno się przedstawiać za pomocą tej samej ilości liczb znaczących (tej samej postaci) – str. 114,
- „spadek ciśnienia od 0 do 30 bar” – chyba wzrost albo zmiana – str.114,
- nieprecyzyjne określenie założeń – str. 114 - zmiana ciśnienia w układzie powoduje także zmianę ciśnienia w akumulatorze,
- jednostka i osie – rys. 97,
- brak „ostrych” zakresów wartości przyjmowanych założeń – str.117,
- niedoprecyzowano wartości błędów – np. dla tab. 8 - % zawsze donosi się do pewnej wartości i jest błędem względnym, więc bez podania podstawy niewiele wnosi,
- „...nie można dokładniej ocenić przebiegu...” - wymaga doprecyzowania – str. 121,

- dość nieprecyzyjny opis przyczyny różnicy w wartościach spadku ciśnienia? czy równanie Bernoulli'ego wpływa na spadek ciśnienia? Jak należy rozumieć takie stwierdzenie Autora? – str. 123,
- brak wskazania istotnych elementów na zdjęciu - rys. 107, 108,
- dość niefortunnie sformułowany akapit u dołu strony 130,
- **jak Autor wyjaśni zmienność wartości siły – rys. 112,**
- tytuł rozdziału 7 – czym różnić się będzie omówienie od analizy?
- stylistyka i opis merytoryczny doświadczenia - str. 138,
- z czego wynik rozrzut wartości natężenia prądu płynącego przez cewkę zaworu elektrohydraulicznego – rys. 115 - i jaki jest sens takiej analizy dla oceny zaawansowania procesów zużycia elementów układu sterowania sprzęgłem?,
- brak oznaczeń oraz opisu w podpisie istotnych elementów widocznych na rys. 117,
- zasadniczo na str.141 Autor wskazuje na zjawiska których przyczyn nie wyjaśnia, stwierdza tylko fakt a ponadto stwierdza „wyższość” sterowania analogowego nad cyfrowym – jak to rozumieć?,
- zupełnie niepotrzebnie zostawione niemal $\frac{3}{4}$ strony, na której zamieszczono jakąś formę „wiszącego” tekstu nie pełniącego istotnej treści merytorycznej ponieważ zostało to już wykazane na poprzedzających stronach – str. 142,
- tab. 14 – zamiast rok awarii, pewnie bardziej właściwe byłoby określenie okresu eksploatacji pojazdu w latach/miesiącach,
- **określenie „użytkowane przez osoby prywatne w tzw. cyklu mieszanym” nie odwzorowuje intensywności pracy badanych elementów – stąd, dla oceny zużycia eksploatacyjnego poprawniej byłoby użycie liczby cykli pracy połączonej z profilem prędkości ruchu pojazdu oraz długością poszczególnych odcinków drogi lub czasu ich trwania – str. 143,**
- zapis jednostek – ostatni akapit na str. 144,
- jako dane identyfikacyjne w przypadku silnika należy podawać szeregotyp i kolejny numer fabryczny, dane typu moc bez określenia prędkości obrotowej wału korbowego silnika, czy pojemność skokowa silnika wyrażona w dm^3 mają często charakter informacji handlowej i stanowią uzupełnienie informacji podstawowej, natomiast podając je należy uzupełniać o warunki wystąpienia takich wartości (parametry użytkowe silnika), a pojemność skokową silnika zwyczajowo należy podawać w cm^3 – str. 146,
- zastosowanie pojazdu o nieznaney przeszłości serwisowej znacznie utrudnia uzasadnienie wniosku – str. 146,
- dość dyskusyjna postać informacji przedstawianej na rys. 119,
- jak Autor rozumie „jak największej dokładności”? str. 147,
- jak stabilizowano temperaturę oleju – str. 147,
- jak efektywnie wymieniono olej – jak Autor oceni ten proces? – str. 147,
- **jakie czynniki wpływają na czas wypływu oleju z akumulatora i czy zostały uwzględnione, czy mają one wpływ na merytoryczną ocenę wyników pomiaru czasu wypływu w celach diagnostycznych? – str.148,**
- „dokładność opracowanego wzoru ...” – jak to rozumieć? Str. 148,
- określając parametry mierzone należy także odnosić się do błędów pomiaru, o czym Autor zapomina? – str.148,



- Tab. 16 – wartości należy podawać z określoną liczbą cyfr znaczących – średnia do 3, pomiary do 2 – jak to wy tłumaczyć?
- dlaczego zastosowano wartość ciśnienia na poziomie 46 bar, skoro wcześniej zakładano wartości rzędu 50/51 i jaki ma to wpływ na ocenę sprawności ?bar str. 149,
- **dość niezrozumiały opis rys. 120 i 121 – czy oznacza to, że proponowany test badawczy nie można uznać za diagnostyczny?**
- jak należy rozumieć pojęcie „zakresu dokładności” stosowane przez Autora na str. 151 i 152,
- jak Autor wyjaśni spadek a następnie wzrost ciśnienia – rys. 125 i 126,
- jak rozumieć stwierdzenie Autora „...ciężkie do interpretacji.” – str. 154,
- biegów się nie „wbija” - bieg można włączyć, załączyć?!!!! **Jak przebiega proces włączenia biegu w mechanicznie sterowanej skrzyni biegów w niewspółosiowej, 5-biegowej skrzyni biegów wyposażonej w synchronizatory np. proste i jaki może być wpływ przebiegu tego procesu na czas załączenia biegu przedstawiany w pracy jako parametr diagnostyczny?** –str.154,
- spadek ciśnienia o jakąś wartość odniesioną do czasu należy określać mianem natężenia spadku ciśnienia i przedstawiać w stosownych jednostkach np. Pa/s, - str. 154,
- Z rys. 127 wynika, że rzeczywiste przemieszczenie siłownika zmiany biegu następuje w znacznie krótszym przedziale czasu niż w przypadku obliczeń modelowych, a mimo to Autor wskazuje, że sprawność układu wynosi 70,6% - jak to należy rozumieć,
- wnioski należy numerować a ponadto w pracy często zawierają one tylko stwierdzenia nieoparte wartościami liczbowymi, co istotnie wzmocniłoby ich wartość;
- praca zawiera źródła literaturowe starsze niż 15 lat (np. 2, 4, 5, 8, 12, 15, 16, 17, 18, 21, 22, 25, 30, 35, 37, 46, 47, 48, 50, 56, 58) natomiast ponad połowa z wymienianych pozycji ukazała się w ciągu ostatnich 10 lat;
- nie wszystkie źródła literaturowe wymienione w wykazie zostały przywołane w treści pracy (np. 4, 5, 6, 8, 11, 14, 22, 28, 30, 31, 37, 38, 39, 42, 43, 54, 59, 60, 62, 63, 66, 70),
- nie wszystkie rysunki posiadają swoje odniesienie w tekście opracowania, np. rys. nr; 2, 3, 9, 13, 14, 18, 24, 25, 28, 29, 30, 36, 38, 41, 43, 49, 50, 51, 52, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 69, 72, 74, 75, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 99, 100, 101, 102, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 113, 114, 117, 119, 124, 125, 128,
- nie wszystkie tabele mają swoje odniesienie do zawartości pracy, np. tab. nr; 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 15, 16.

Przedstawione uwagi mają często charakter dyskusyjny i nie umniejszają pozytywnej oceny rozprawy, a studia nad zagadnieniami objętymi tematyką pracy i sposób ich przedstawienia świadczą o wiedzy i doświadczeniu, jakie Doktorant posiada w rozważanym obszarze naukowym. Mimo dostrzeżonych niedociągnięć należy zauważyć, iż omawiana rozprawa dotyczy zagadnień, których waga jest istotna dla zastosowania metod naukowych w diagnostyce skomplikowanych układów elektrohydraulicznych, a ponadto dysertacja stanowi dojrzałe dzieło naukowe, charakteryzujące się dążeniem do szczegółowego rozwiązania problemu naukowego w kontekście poznawczym i aplikacyjnym.

Jako odpowiedzi Autora, proszę o przesłanie pisemnie opracowanych odpowiedzi na zagadnienia oznaczone czcionką w powyższym wykazie.

3. Podsumowanie i konkluzja

Mimo powyższych uwag krytycznych, niektórych dyskusyjnych, realizację postawionego zadania należy ocenić pozytywnie ze względu na:

- poprawne określenie i zdefiniowanie przedmiotu badań,
- obrazowy i klarowny sposób prezentacji wyników,
- sumienność, klarowność i estetykę wykonania poszczególnych etapów pracy i zastosowanie nowoczesnych narzędzi symulacyjnych i obliczeniowych, dzięki czemu praca zawiera wiele elementów świadczących o nowatorskim wkładzie Autora w rozważaną dziedzinę,
- umiejętność przeprowadzenia szczegółowej analizy statystycznej oraz niepewności pomiarowych dla zdefiniowanego problemu badawczego,
- Autor wykazał się szczegółową wiedzą praktyczną i teoretyczną w prezentowanych obszarach wiedzy technicznej,
- opracowane modele matematyczne i środowisko symulacyjnego posiadające cechy uniwersalności w zakresie zastosowań aplikacyjnych, umożliwiającego analizę układów przepływowych sterowanych elektronicznie wraz z aspektem zmienności wartości parametrów pracy elementów tych układów,
- poprzez samodzielną budowę stanowiska diagnostycznego, na którym przeprowadzone nadania pozwoliły wykazać osiągnięcia teoretyczno-aplikacyjne, pozwalające na uzyskanie szczegółowych charakterystyk pracy elementów sterowania w układzie elektrohydraulicznym i wyciągnięcie interesujących wniosków.

Doktorant podjął się w dysertacji trudnego zadania, które ze względu na swój bardzo specyficzny i nietuzinkowy charakter nie wyczerpuje całości zagadnień związanych z problemami diagnostyki i oceny stopnia zaawansowania zużycia elektrohydraulicznych obiektów technicznych, do których należą także pojazdowe zespoły i podzespoły, oraz ich powiązanie z organizacją procesów obsługowo-naprawczych. Liczba czynników wpływających na wynik diagnostyki i szacowanie możliwości wystąpienia awarii jest znaczna, a jednocześnie często czynniki te charakteryzują się losową zmiennością w czasie, co bardzo komplikuje zagadnienie podjęte przez Doktoranta. Trudne jest także jednoznaczne wydzielenie wpływu konkretnego czynnika, ponieważ należy liczyć się z interakcją innych, lecz jak wykazał Doktorant jest możliwe określenie kluczowych wskaźników oceny sprawności dla rozważanych elementów układu sterowania elektrohydraulicznego zautomatyzowanej skrzynki biegów. Wynika z tego konieczność prowadzenia dalszych badań, które pozwolą w sposób bardziej jednoznaczny określić intensywność zmienności wartości parametrów diagnostycznych oraz ich dobór z uwzględnieniem procesów obsługowo-naprawczych, co pozwoli na optymalne, z punktu widzenia wykorzystania zasobów (materiałowych, technicznych, ekonomicznych i ekologicznych) określenie interwałów czasowych dla obsług technicznych i napraw realizowanych w procesie eksploatacji pojazdów.

Powyższe, fakty świadczą o uzyskanych kompetencjach przez Kandydata w zakresie samodzielnego prowadzenia badań naukowych oraz wskazują na posiadanie przez Niego

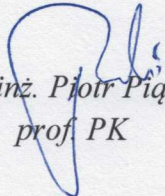


znaczącej wiedzy ogólnej oraz umiejętności praktycznych wchodzących w zakres dyscypliny naukowej Inżynieria Mechaniczna.

W mojej opinii recenzowana rozprawa doktorska mgr. inż. Łukasza Mozgi pt. „MODELOWANIE UKŁADU ELEKTROHYDRAULICZNEGO W ASPEKCIE OCENY JEGO STANU ZUŻY” spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim wszczętym przed 30 kwietnia 2019 roku, w tym względzie obowiązujące przepisy to: ustawa z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. z 2017 r., poz. 1789 ze zm.) oraz rozporządzenie Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 19 stycznia 2018 r. w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodzie doktorskim, w postępowaniu habilitacyjnym oraz postępowaniu o nadanie tytułu profesora (Dz. U. z 2018 r., poz. 261), w związku z art. 179 ust. 1-3 ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r., poz. 1669 ze zm.) i rozporządzeniem Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 20 września 2018 r. w sprawie dziedzin nauki i dyscyplin naukowych oraz dyscyplin artystycznych (Dz. U. z 2018 r., poz. 1818).

Może ona stanowić podstawę do nadania mgr. inż. Łukaszowi Mozga stopnia naukowego doktora nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria mechaniczna, zatem wnoszę o jej przyjęcie i dopuszczenie do publicznej obrony.

Jednocześnie, biorąc pod uwagę poziom merytoryczny niniejszej pracy oraz osiągnięcia aplikacyjne znacząco wpływające na rozwój wiedzy z zakresu eksploatacji maszyn i urządzeń, wnoszę o uznanie ocenianej dysertacji za wyróżniającą.


dr hab. inż. Piotr Piątkowski
prof. PK