



**POLITECHNIKA POZNAŃSKA**  
**INSTYTUT TECHNOLOGII MECHANICZNEJ**  
**ZAKŁAD PROJEKTOWANIA TECHNOLOGII**

**Prof. dr hab. inż. Stanisław LEGUTKO**  
profesor zwyczajny, prof. h. c.

ul. Piotrowo 3                      60-965 Poznań  
tel. (0-61) 665-25-77,    fax (061) 665-22-00  
e-mail: stanislaw.legutko@put.poznan.pl

Poznań, 16.06.2017r.

**Recenzja nr 36/dr/SL**  
**rozprawy doktorskiej mgra inż. Piotra POŁOWNIAKA pt. *Modelowanie i analiza śladu styku w globoidalnych przekładniach ślimakowych***

Podstawa opracowania recenzji: pismo Dziekana Wydziału Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej prof. dra hab. inż. Jarosława Sępa z dnia 11.05.2017 oraz stosowna umowa o dzieło.

**1. Analiza rozprawy**

Dążenie do zwiększania nośności, sprawności i niezawodności, zmniejszania głośności, zwiększenia trwałości oraz zmniejszania łącznych kosztów wytwarzania i eksploatacji przy jednoczesnej tendencji do zmniejszania gabarytów są trendami stale obecnymi w budowie przekładni zębatych. Poszukiwania w zakresie niekonwencjonalnych rozwiązań konstrukcyjnych, alternatywnych materiałów i zarysów uzębień wpisują się w ten kierunek rozwoju. Dlatego też ustalone dotąd poglądy i zależności wymagają rewizji oraz nowej identyfikacji, opisu i wyjaśniania na drodze analiz teoretycznych i w zależności od rodzaju problemu, również na drodze badań empirycznych. Uzyskanie liczących się efektów jest możliwe, jak się wydaje, w wyniku analizy różnorodnych aspektów zagadnień konstrukcyjnych, technologicznych, metrologicznych i eksploatacyjnych podejmowanej w ośrodku o ugruntowanej tradycji tego typu badań. Liczący się w polskiej akademickiej społeczności ośrodek rzeszowski wnosi twórczy wkład, m. in. w rozwój tych warstw inżynierii mechanicznej, które określam, jako metodyczną i merytoryczną. Inicjatywy profesora T. Markowskiego i jego poprzedników na tej intelektualnej ścieżce, są z powodzeniem rozwijane przez jego uczniów i ich uczniów i są doskonale znane w środowisku zainteresowanych specjalistów. Profesor Tadeusz Markowski stworzył jedyną w swoim wyrazie, w tej chwili już wielopokoleniową, szkołę kół zębatych koncentrującą się zarówno na zagadnieniach konstrukcyjnych, jak i technologicznych oraz eksploatacyjnych z uwzględnieniem różnych rodzajów zarysów i typów przekładni. Na przestrzeni lat wyraźnie widoczny jest jej rozwój owocujący coraz bardziej adekwatnym do rzeczywistości opisem rozpatrywanych zjawisk. Idzie to w kierunku bardziej precyzyjnego opisu badanej rzeczywistości i zwiększenia mocy prognostycznej. Recenzowana rozprawa doktorska mgra inż. Piotra Połowniaka napisana pod kierunkiem dra hab. inż. Mariusza Sobolaka prof. PRz powstała, więc na starannie przygotowanym i w wysokiej kulturze utrzymywanym gruncie wcześniejszego rozpoznania merytorycznego i metodycznego rozważanego obszaru inżynierii maszyn. Jest kolejnym ogniwem w wyraźnie zarysowującej się szkole naukowej prof. M. Sobolaka łączącej elementy Rapid Prototyping z teorią uzębienia i zazębienia.

Praca ta dotyczy wysoce specjalistycznych zagadnień z zakresu konstrukcji, technologii i eksploatacji globoidalnych przekładni ślimakowych. Inspiracją do podjęcia tematu była rzeczywista przekładnia ślimakowa będąca częścią wciągarki, intencją zaś, zwiększenie siły uciągu. Na podstawie analizy dotychczasowego stanu wiedzy Autor zidentyfikował lukę naukową i wypełnił ją w sposób konsekwentny wiedzą wynikającą z podjętych przez siebie badań. Jest to ważne osiągnięcie, gdyż realizacja postawionych przez Doktoranta celów pracy otwiera drogę do zwiększenia nośności tych przekładni. Recenzowana rozprawa mieści się w nurcie badań, konsekwentnie od lat realizowanym w ośrodku rzeszowskim i stanowi kolejny element w długim szeregu wykonywanych tu prac. Przytoczone fakty uznaję, jako potwierdzenie **trafności wyboru tematyki badawczej**. Uzasadnieniem trafności wyboru jest nie tylko sam fakt kontynuacji badań w ustalonym nurcie i istotność rozpatrywanego zagadnienia, ale przede wszystkim to, że podejmowana w rozprawie doktorskiej tematyka szczegółowa, daje nadzieję poznania istotnych zależności charakteryzujących współpracę ślimaka i ślimacznicy przekładni globoidalnych oraz nadzieję na uzyskanie walorów użytkowych. Dotychczasowy, bowiem stan opracowania tego zagadnienia jest niewystarczający, zarówno z poznawczego, jak i z użytkowego punktu widzenia. Opracowanie i przetestowanie metodyki modelowania matematycznego i z zastosowaniem CAD rozpatrywanej pary kinematycznej oraz metodyki wyznaczania śladu styku może dawać znakomitą perspektywę do bardziej racjonalnego projektowania konstrukcji, wytwarzania i kontroli przekładni ślimakowych globoidalnych, co zapewni właściwą ich eksploatację ze względu na obciążenia i zużycie.

**Strukturę rozprawy** stanowi jedenaście rozdziałów, wykaz ważniejszych oznaczeń, bibliografia oraz streszczenia w języku polskim i angielskim. **Tytuł dysertacji** jest zgodny z jej treścią. **Geneza problemu pracy** jest w sposób czytelny pokazana w rozdziale pierwszym. Rekonstrukcja istniejącej luki naukowej przedstawiona na stronie 16, jest mocnym argumentem uzasadniającym sensowność wybranej tematyki badawczej.

**Rozdział pierwszy** wprowadzający w rozpatrywane zagadnienie i obejmujący **analizę piśmiennictwa** oraz sformułowanie **celu i zakresu pracy** napisany jest bardzo zwięźle, lecz przekonywująco. Dobór rozpatrywanych zagadnień w ramach analizy literatury jest prawidłowy i moim zdaniem, pozwala na wyczerpujące scharakteryzowanie dotychczasowego stanu wiedzy oraz stanowi solidną podstawę do określenia obszaru badań własnych Autora. Byłaby to także właściwa baza wiedzy do sformułowania przez Niego tez pracy oraz określenia problemu naukowego. Doktorant nie przedstawił jednakże tez pracy. Na podstawie przyjętego celu pracy oraz jej treści można wnioskować, że problemem naukowym jest relacja klasy parametrów opisujących zazębienie ślimacznicy i ślimaka globoidalnego i klasy parametrów decydujących o zdolności do przenoszenia obciążeń, a także zagadnienia metodyczne dotyczące sposobu określenia obszaru styku zębów.

W **rozdziale drugim** przedstawiono geometrię zazębienia przekładni ślimakowej globoidalnej.

Układ tej części rozprawy oceniam, jako logiczny, choć mam pewne uwagi szczegółowe i zapytania:

- 1) w wykazie ważniejszych oznaczeń brak jest jednostek;
- 2) str. 8 – zamiast „skrótów” powinno być „akronimy” lub „skrótowce”;
- 3) str. 13 – co znaczy „prawdopodobieństwo geometryczne”?

Zasadniczą część rozprawy z punktu widzenia etapów badania naukowego, stanowią rozdziały, w których Autor referuje **metodykę, wyniki i analizę wyników badań własnych**. Są to rozdziały od trzeciego do dziesiątego.

W **rozdziałach 3 – 6** mgr inż. P. Połowniak przedstawia opracowane przez siebie procedury matematycznego opis uzębienia i zazębienia przekładni oraz metodykę modelowania przekładni ślimakowej globoidalnej w systemie CAD.

Treść **rozdziałów** od **siódmego** do **dziesiątego** ukierunkowana jest na metody wyznaczania śladu styku w zazębieniu. Zastosowano metodę matematyczno-numeryczną, metodę bezpośrednią

CAD oraz analizę MES wyznaczania śladu styku. Przedstawiono opis stanowiska do badań modelowych oraz prototypy przekładni z zastosowaniem metody szybkiego prototypowania. Dzięki czemu uzyskano możliwość wyznaczenia śladu styku przekładni ślimakowej globoidalnej na dedykowanym stanowisku.

Moje zapytania, uwagi i sugestie do tej części pracy są następujące:

- 1) str. 40, wiersz 3d – zamiast „zęba” powinno być „ostrza”;
- 2) rys. 3.9 – rzeźbiona krzywoliniowość jest słabo zauważalna;
- 3) str. 66 i 102 – co to znaczy „przekładnia prostoliniowa”?
- 4) str. 121 – brak słowa „badań” w tytule rozdziału;
- 5) od str. 121 – numeracja tabel mogłaby być zastosowana analogicznie do numeracji rysunków, czyli z uwzględnieniem numeru rozdziału;
- 6) rys. 10.45, 10.46 i 10.47 – dobrze byłoby wskazać strzałką ślad styku.

Na podstawie dotąd przeprowadzonej analizy można podjąć próbę rekonstrukcji **osiągnięcia naukowego rozprawy**. Jako elementy tego osiągnięcia widocznie odróżniające je od aktualnego stanu wiedzy w rozpatrywanej problematyce oraz świadczące o oryginalności rozprawy uważam:

- opracowanie matematycznego modelu powierzchni roboczych kół przekładni ślimakowej globoidalnej z zębami o zarysie prostym i łukowym, co pozwala na wykonanie analiz ząbienia przekładni;
- opracowanie matematycznego modelu powierzchni roboczej ślimaka globoidalnego stożkopochodnego;
- opracowanie matematycznego algorytmu opisu boku zęba ślimacznicy kształtowanego ślimakiem obróbkowym o dowolnym zarysie;
- opracowanie metody modelowania kół przekładni w środowisku CAD dla różnych zarysów uzębienia;
- wykazanie możliwości zastosowania matematycznych modeli kół do generowania modeli CAD, co przyczynia się do znacznego skrócenia czasu ich generowania, szczególnie jeżeli chodzi o ślimacznice;
- opracowanie algorytmu analizy śladu styku w przekładni globoidalnej o różnych zarysach uzębienia wykorzystującego matematyczne modele kół przekładni;
- eksperymentalną weryfikację śladu styku z wykorzystaniem technologii RP i po wyznaczeniu śladu styku stwierdzenie zgodności charakteru śladów na poszczególnych zębach ślimacznicy z modelami teoretycznymi.

Autor wykazał ponadto, iż mylny jest pogląd, funkcjonujący od lat w przemyśle, dotyczący kształtowania ślimacznicy frezem o takiej samej długości, jaką ma ślimak współpracujący z tą ślimacznica w przekładni. Pogląd ten wynika z powielanych od lat zaleceń podawanych w przedmiotowej literaturze. Przyjęcie do obróbki frezu o takiej samej długości powoduje, obserwowane w praktyce, wykruszenia na początku zwoju ślimaka. Autor zaproponował modyfikację ślimaka, pozwalającą wyeliminować ten problem.

Doktorant wskazał również na możliwość uproszczonego kształtowania ślimacznicy z użyciem skrajnych krawędzi skrawających frezu, przy czym środkowa część wieńca kształtowana jest ostatecznie w procesie docierania przekładni pod obciążeniem.

Zastosowanie wyników pracy mgr inż. Piotra Połowniaka pozwala więc na dokonanie analizy współpracy rozpatrywanych przekładni zębatych na etapach ich konstruowania i wytwarzania.

Autor zastosował w swojej pracy adekwatną do potrzeb aparaturę badawczą. Program weryfikacyjnych badań doświadczalnych odpowiada założonym celom. Doktorant zastosował także adekwatny do założonych celów aparat metodyczny.

Rozdział jedenasty zatytułowany **Wnioski i kierunki dalszych badań** zawiera refleksje dotyczące całości pracy oraz zalecenia co do dalszych badań. Przedstawiony tu tekst, moim zdaniem, jest uję-

ty niezbyt klarownie. Tzw. wnioski ogólne zyskałyby na klarowności, gdyby były przedstawione krócej i w punktach. Nie mam zastrzeżeń, jeżeli chodzi o sformułowanie wniosków użytecznych i określenie kierunków dalszych badań.

Co do całości tekstu nasuwają mi się jeszcze następujące uwagi, mimo tego, że opracowanie edycyjne jest na wysokim poziomie:

1. Występowanie tzw. tekstu wiszącego na początku rozdziałów.
2. Występują drobne błędy gramatyczne, np. na str. 79, 84, 113.
3. Zdarza się niewłaściwe używanie niektórych słów i określeń, np.: „przy pomocy” zamiast „za pomocą”, np. na str. 29 – wiersz 5g, na str. 112 – wiersz 4g; „wzór” w miejsce „równanie” lub „zależność”; „odnośnie” zamiast „odnośnie do”, np. na str. 17 – wiersz 3d; „niski”, gdy lepiej byłoby „mały”, np. na str. 25 - wiersz 8g; „metodologia” zamiast „metodyka”, np. na str. 16. 63, 138, 167; „wyższy” zamiast „większy”, np. na str. 156 – wiersz 6g; „niższy”, gdy powinno być „mniejszy”, np. na str. 9 – wiersz 6d; „w oparciu”, gdy lepiej byłoby „na podstawie”, np. na str. 79 – wiersz 4d; słowo „stworzenie” można by zastąpić przez „opracowanie”, „określenie” lub „zbudowanie”, np. na str. 66, 67, 86, 106.

Bogata bibliografia zawierająca 109 pozycji, zamieszczona w końcowej części pracy zawiera 11 pozycji z udziałem Autora, w tym 2 autorskie. Mgr inż. Piotr Połowniak analizuje i cytuje literaturę najnowszą, a także klasyczne dzieła o nieco starszym rodowodzie.

## 2. Ocena rozprawy

Przedstawiona analiza rozprawy zawiera wystarczające, moim zdaniem przesłanki do sformułowania oceny. Treść rozprawy jest zgodna z tematem zaakceptowanym przez Radę Wydziału Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej. Podjęty temat jest ważny zarówno z poznawczych, jak i przede wszystkim z praktycznych względów i opracowany został wyczerpująco. Jest to poprawna praca analityczno-eksperymentalna dotycząca sensownego zagadnienia. Sformułowane w niniejszej recenzji uwagi nie umniejszają wartości materiału dowodowego pracy, w większości albowiem odnoszą się do sposobu prezentacji uzyskanych wyników. Nie mogą, więc stanowić podstawy do kwestionowania wartości pracy.

Praca wykonana jest w ośrodku o długoletnich tradycjach badawczych i dużym potencjale oraz zgromadzonej wiedzy, a także dysponującym specjalistyczną aparaturą. Dorobek naukowy ośrodka rzeszowskiego w zakresie teorii uzębień i zazębnień, w tym przekładni ślimakowych jest niekwestionowany. Bazą dla niniejszej rozprawy są liczne prace badawcze wykonane wcześniej, w tym również z udziałem Autora. Recenzowana dysertacja o wielowątkowym zakresie świetnie wpisuje się w zasób wiedzy dotyczącej uzębień i zazębnień tworzony w ośrodku rzeszowskim.

Pod względem metodycznym rozprawa jest poprawna. Literatura specjalistyczna została dobrana trafnie. Układ rozprawy i podział treści między poszczególne rozdziały jest logiczny. Pracę czyta się dobrze, napisana jest komunikatywnie. Zbiór pojęciowy, jakim posługuje się Autor jest poprawny. Strona ilustracyjna pracy jest bez zastrzeżeń, redakcja rozprawy zaś wykazuje drobne niedociągnięcia. W dostarczonym do recenzji egzemplarzu stwierdziłem nieco błędów korektorskich, interpunkcyjnych i drobnych nieścisłości. Zaznaczyłem to w tekście, niektóre z nich przedstawiłem powyżej.

Warunkiem dysertabilności rozprawy doktorskiej jest jej związek z problemem metodologicznym, metodycznym lub poznawczym bezpośrednio lub pośrednio wpływającym na stan wiedzy. W przypadku recenzowanej rozprawy warunek ten jest spełniony pod względem drugiego i trzeciego z wymienionych aspektów, co wykazałem w analizie rozprawy. Rozprawa jest w wystarczającym stopniu poprawna metodologicznie, gdyż zawiera elementy, które w metodologii nauk określa się, jako etapy badania naukowego.

Można uznać, że Doktorant jest doświadczonym specjalistą z zakresu przekładni ślimakowych.

Na podstawie analizy rozprawy oraz bibliografii dorobku Autora można stwierdzić, że jest On przygotowany do prowadzenia samodzielnej pracy naukowej. Doktorant wydatnie poszerzył swoją wiedzę z zakresu zagadnień dotyczących teorii uzębień i zazębnień, zwłaszcza jeżeli chodzi o przekładnie ślimakowe globoidalne.

Podsumowując moją ocenę stwierdzam, że rozprawa:

- spełnia wymóg oryginalnego rozwiązania przez Autora zagadnienia naukowego,
- spełnia wymóg wykazania Jego ogólnej wiedzy teoretycznej w uprawianej dyscyplinie
- oraz wykazuje umiejętność samodzielnego prowadzenia przez Autora pracy naukowej.

### 3. Wniosek końcowy

W świetle dokonanej analizy i sformułowanych ocen stwierdzam, że rozprawa mgra inż. Piotra Połowniaka pt. *Modelowanie i analiza śladu styku w globoidalnych przekładniach ślimakowych* spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim przez obowiązujące w tym względzie aktualne przepisy (Ustawa z dnia 18 marca 2011 r. o zmianie ustawy – Prawo o szkolnictwie wyższym, ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki oraz o zmianie niektórych innych ustaw) oraz tradycję akademicką i może stanowić podstawę do nadania jej Autorowi stopnia naukowego doktora nauk technicznych w dyscyplinie budowa i eksploatacja maszyn. Może być, przeto dopuszczona do publicznej obrony.

