

**RECENZJA**  
**rozprawy doktorskiej**  
**mgr inż. Mariusza Kuczaja**

**“WPLYW WYBRANYCH PARAMETRÓW  
KONSTRUKCYJNYCH JEDNEGO STOPNIA PRZEKŁADNI  
ZĘBATEJ NA DRUGI W ASPEKCIE JEJ STANU  
DYNAMICZNEGO”**

**1. Temat rozprawy doktorskiej**

W rozprawie rozważono zagadnienia przeciążeń dynamicznych z przyczyn wewnętrznych w dwustopniowej przekładni zębatej. Wielostopniowe przekładnie są zębate są często stosowane, między innymi w napędach górniczych – problemy występujące wskutek dynamicznego sprzężenia dwóch stopni przekładni zębatej są dotychczas mało zbadane i opisane (najczęściej jest stosowany model przekładni izolowanej). Dokładniejsze poznanie zależności dynamicznych w wielostopniowych przekładniach, w szczególności w napędach maszyn górniczych może prowadzić do obniżenia poziomu obciążeń dynamicznych i wzrostu trwałości.

**Temat rozprawy jest, więc wybrany właściwie, a rozważone w niej zagadnienia mają istotne znaczenie teoretyczne i praktyczne.**

**2. Uwagi szczegółowe**

Pierwsze dwa rozdziały mają charakter wstępu do pracy - doktorant omawia w nich zagadnienia zastosowania różnego rodzaju wielostopniowych przekładni zębatej w napędach górniczych: przekładnie z stopniami walcowymi, stożkowymi i planetarnymi oraz sposób oceny przeciążeń dynamicznych przyjęty w normie ISO-DP 6336 słusznie zwracając uwagę na jego uproszczenia (stosowanie modelu przekładni izolowanej). W rozdziale trzecim doktorant formułuje tezę pracy stwierdzającą, że *Stan dynamiczny wielostopniowej przekładni zębatej parametrycznie uzależniony jest od interakcji pomiędzy stopniami sąsiadującymi. Dobór parametrów konstrukcyjnych przekładni determinuje transmitowanie energii i współzależność między siłami dynamicznymi obciążającymi koła poszczególnych stopni* oraz wylicza szczegółowe zadania do wykonania w dalszej części rozprawy. W rozdziale czwartym doktorant przedstawił dotychczasowe prace z zakresu modelowania dynamiki przekładni wielostopniowej, zwracając uwagę na różnorodność podejścia: modele tylko z drganiami skrętnymi, dodanie drgań giętnych, podatności łożysk, a następnie sformułował własny model dwustopniowej przekładni walcowej z zębami śrubowymi. Jest on opisany osiemnastoma równaniami różniczkowymi zwyczajnymi drugiego rzędu o zmiennych współczynnikach. W dalszej części rozdziału doktorant omawia szczegółowe problemy wyznaczania parametrów modelu: sztywności i

współczynników tłumienia. Przedstawia między innymi tradycyjny sposób obliczania sztywności zęba z wykorzystaniem wzorów wytrzymałościowych (zab traktowany, jako belka pryzmatyczna) oraz bardziej nowoczesne podejście przez zastosowanie Metody Elementów Skończonych. Rozdział piąty jest poświęcony metodzie numerycznego rozwiązywania równań ruchu – doktorant stosuje algorytm RKF-5 (*Runge-Kutta-Felberga* piątego rzędu), zapewniający odpowiednią do zagadnienia dużą dokładność obliczeń. Obliczenia w rozprawie są wykonane własnym programem napisanym przez doktoranta w systemie wspomagania obliczeń MATLAB. W rozdziale szóstym doktorant wykonał porównanie wyników symulacji numerycznych z badaniami doświadczalnymi dwustopniowej przekładni zębatej pochodzącymi z innej rozprawy doktorskiej wykonanej w Politechnice Śląskiej, co umożliwiło potwierdzenie adekwatności modelu (zgodności z obiektem rzeczywistym). Analiza ta pozwoliła również na ustalenie wartości bezwymiarowych współczynników tłumienia każdego stopnia przekładni. W najważniejszym w rozprawie rozdziale siódmym są przedstawione wyniki symulacji i wynikające z nich wnioski dotyczące sprzężenia drgań obu stopni przekładni. Rozdział ten zawiera dużą liczbę wykresów porównawczych współczynnika nadwyżek dynamicznych z przyczyn wewnętrznych, obliczanych z modelu dwustopniowego i modeli przekładni izolowanych. Ważne wnioski dotyczą znaczenia podatności wału łączącego oba stopnie przekładni – w przypadku dużej podatności tego wału otrzymujemy obciążenia dynamiczne podobne jak z analizy przekładni izolowanych. Duża sztywność prowadzi do odmiennego obrazu, zmniejszenia przeciążeń dynamicznych i zaniku zjawisk o charakterze nieliniowym (w tym przypadku nie należy wykonywać oceny dynamiki sposobem przyjętym w normie ISO-DP 6336 a więc z wykorzystaniem modelu przekładni izolowanej) . Istotne znaczenie ma również rozkład mas kół zębatych obu stopni przekładni.

Rozprawa jest zakończona podsumowaniem – wnioskami końcowymi, w których doktorant przedstawia ocenę dynamiki w przekładni dwustopniowej. Rozprawa jest napisana poprawnie i dobrze zilustrowana graficznie, występują bardzo nieliczne usterki redakcyjne: wyjaśnienia wymagają niektóre stosowane jednostki, niezgodne z przyjętą obecnie normalizacją:  $\text{min}^{-1}$ ,  $\text{N/mm}\mu\text{m}$ . W kilku miejscach są używane zbyt ogólnikowe, niejednoznaczne stwierdzenia np.: *wyda się być wartość, bardziej złożoną* – strona 85, *wyda się cenny* - strona 84. Tytuł rozprawy powinien być sformułowany bardziej ogólnie – np. *Sprzężenia dynamiczne w dwustopniowej przekładni zębatej*.

### 3. Ocena ogólna rozprawy

Praca ma charakter symulacyjny a jej najważniejszymi osiągnięciami poznawczymi są:

- model dwustopniowej przekładni walcowej z zębami śrubowymi, opisany osiemnastoma równaniami różniczkowymi zwyczajnymi drugiego rzędu o zmiennych współczynnikach,
- wnioski dotyczące znaczenia podatności wału łączącego oba stopnie przekładni – w przypadku dużej podatności tego wału otrzymujemy obciążenia dynamiczne podobne jak z analizy przekładni izolowanych, duża sztywność prowadzi do odmiennego obrazu, zmniejszenia przeciążeń dynamicznych i zaniku zjawisk o charakterze nieliniowym (w tym przypadku nie należy wykonywać oceny

dynamiki sposobem przyjętym w normie ISO-DP 6336 a więc z wykorzystaniem modelu przekładni izolowanej),

- wnioski dotyczące znaczenia rozkładu mas kół zębatach obu stopni przekładni.

Wyniki rozprawy powiększają dotychczasową wiedzę o złożoności zjawisk dynamicznych w przekładniach zębatych, w szczególności o sprzężeniach poszczególnych stopni – ma to duże znaczenie, ponieważ przekładnie zębate są wciąż najczęściej stosowanym rodzajem napędu w budowie maszyn, także w technice górniczej. Rozprawa ma także wyniki praktyczne, możliwe do wykorzystania w celu doboru parametrów pracy przekładni wielostopniowych prowadzących do zmniejszenia poziomu obciążeń dynamicznych, a co za tym idzie do zwiększenia trwałości przekładni. Doktorant podczas realizacji rozprawy wykazał się dobrym przygotowaniem do pracy naukowej, a w szczególności: znajomością zagadnień z zakresu dynamiki maszyn, przekładni zębatych oraz umiejętnością realizacji symulacji komputerowych.

**Recenzowana rozprawa doktorska jest samodzielnym rozwiązaniem zagadnienia naukowego.**

Rozprawa dotyczy dyscypliny naukowej górnictwo i geologia inżynierska i świadczy o ogólnej wiedzy teoretycznej doktoranta w tej dziedzinie.

#### 4. Wniosek końcowy

Praca “ *Wpływ wybranych parametrów konstrukcyjnych jednego stopnia przekładni zębatej na drugi w aspekcie jej stanu dynamicznego*” spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim, zgodnie z ustawą z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki. Stawiam, więc wniosek o dopuszczenie mgr inż. **Mariusza Kuczaja** do publicznej obrony, a po jej pozytywnym przebiegu o nadanie stopnia doktora.

Warszawa, dnia 27 marca 2013 roku.

