

POLITECHNIKA ŁÓDZKA
WYDZIAŁ MECHANICZNY
KATEDRA AUTOMATYKI I BIOMECHANIKI

ROZPRAWA DOKTORSKA

**Dynamika i procesy tribologiczne
w układzie mechatronicznym
ze sprzęgłem ciernym**

mgr inż. Dariusz Grzelczyk

Promotor: prof. dr hab. inż. Jan Awrejcewicz

Łódź 2010

*Składam serdeczne podziękowania promotorowi rozprawy
prof. dr hab. inż. Janowi Awrejcewiczowi
oraz dr hab. inż. Jurijowi Pyrjewowi
za życzliwą opiekę naukową, cenne wskazówki
oraz uwagi dotyczące realizacji rozprawy doktorskiej*

*Dziękuję również żonie i dziecku
za cierpliwość i wyrozumiałość
podczas pisania pracy*

Niniejsza rozprawa doktorska napisana została w ramach grantu promotorskiego nr 1918/B/T02/2010/38 pt.: "Modelowanie i analiza dynamiki i procesów tribologicznych w układzie mechatronicznym ze sprzęgłem ciernym" przyznanego przez Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego na rok 2010 w zakresie Mechaniki.

Spis treści

1	Wprowadzenie	6
1.1	Wiadomości wstępne o sprzęgłach	6
1.2	Procesy tribologiczne w sprzęgle ciernym	11
1.2.1	Zjawisko tarcia	12
1.2.2	Procesy zużywania	13
1.2.3	Procesy wytwarzania i rozchodzenia się ciepła	14
1.3	Podejście mechatroniczne do układów sprzęgłowych	15
1.4	Motywacja podjęcia tematu pracy	16
1.5	Cele pracy	18
1.6	Tezy pracy	20
1.7	Struktura pracy	21
2	Przegląd i analiza literatury	23
2.1	Elementy dynamiki układów ze sprzęgłem ciernym	23
2.2	Zjawisko tarcia suchego	27
2.3	Procesy zużywania ściernego	34
2.4	Procesy wytwarzania i rozchodzenia się ciepła	36
3	Modelowanie procesów tribologicznych w sprzęgle ciernym	40
3.1	Modelowanie tarcia suchego w fazie utwierdzenia	40
3.2	Modelowanie procesów zużywania ściernego	46
3.2.1	Różniczkowy model zużycia	47
3.2.2	Całkowy model zużycia	55
3.3	Modelowanie procesów wytwarzania i rozchodzenia się ciepła	64
4	Weryfikacja doświadczalna modeli matematycznych	73
4.1	Stanowisko doświadczalne - układ mechatroniczny ze sprzęgłem ciernym	73
4.2	Metodyka badań i wyniki doświadczalne	75
4.2.1	Badanie zjawiska tarcia suchego	77
4.2.2	Badanie procesów zużywania okładzin sprzęgła	80
4.2.3	Badanie procesów wytwarzania i rozchodzenia się ciepła	85
4.3	Podsumowanie wyników doświadczalnych	90

5	Analiza numeryczna proponowanych modeli matematycznych	91
5.1	Analiza numeryczna modelu tarcia suchego	91
5.2	Analiza numeryczna procesów zużywania	97
5.2.1	Różniczkowy model zużycia	97
5.2.2	Całkowy model zużycia	107
5.3	Analiza procesów cieplnych w sprzęgle ciernym	111
5.4	Analiza dynamiki układu ze sprzęgłem ciernym	115
6	Podsumowanie i wnioski końcowe	120
6.1	Podsumowanie	120
6.2	Wnioski końcowe	121
	Literatura	123