

POLITECHNIKA ŁÓDZKA
KATEDRA AUTOMATYKI I BIOMECHANIKI

mgr inż. Mariusz Holicke

ROZPRAWA DOKTORSKA

**ANALIZA RUCHÓW CHAOTYCZNYCH
PROSTYCH UKŁADÓW MECHANICZNYCH Z TARCIEM
PRZY ZASTOSOWANIU METODY MIELNIKOWA**

Promotor: prof. dr hab. inż. Jan Awrejcewicz



Łódź 2004

Spis treści

1. Wprowadzenie	1
1.1. Układy mechaniczne	1
1.2. Fenomen tarcia	3
1.3. Fenomen chaosu deterministycznego	5
1.4. Charakterystyka metody Mielnikowa	6
2. Przegląd literatury	9
2.1. Matematyczne modele tarcia	9
2.1.1. Tarcie w połączeniach ruchomych	9
2.1.1.1. Statyczne modele tarcia	9
2.1.1.2. Kinetyczne modele tarcia	10
2.1.1.3. Dynamiczne modele tarcia	11
2.1.2. Tarcie wewnętrzne	15
2.1.3. Tarcie aerodynamiczne	16
2.1.4. Tarcie hydrodynamiczne	16
2.1.5. Tarcie konstrukcyjne	17
2.2. Metoda Mielnikowa	17
2.3. Metoda Mielnikowa-Gruendlera	21
3. Cel i zakres pracy	23
4. Metoda Mielnikowa-Gruendlera dla układów mechanicznych	25
4.1. Układy mechaniczny o skończonej liczbie stopni swobody	25
4.2. Układy mechaniczny o dwóch stopniach swobody	29
4.2.1. Przypadek braku sprzężenia	30
4.2.2. Przypadek symetrii	33
4.3. Układy mechaniczne o jednym stopniu swobody – redukcja metody Mielnikowa-Gruendlera do metody Mielnikowa	38
5. Samowzbudne obrotowe wahadło Frouda	39

6. <i>Samowzbudne sferyczne wahadło Frouda</i>	.....	67
7. <i>Podwójny samowzbudny oscylator Duffinga</i>	.....	85
8. <i>Potrójny samowzbudny oscylator Duffinga</i>	.....	149
9. <i>Symulacje numeryczne</i>	.....	213
10. <i>Wnioski</i>	.....	228
11. <i>Literatura</i>	.....	230
12. <i>Dodatek</i>	.....	235