

**Leszek Mikulski**

**Teoria sterowania  
w problemach  
optymalizacji  
konstrukcji  
i systemów**

**Kraków 2007**



**POLITECHNIKA KRAKOWSKA**

**im. Tadeusza Kościuszki**



# Spis Treści

<b>Ważniejsze oznaczenia</b>	<b>5</b>
<b>1 Wstęp</b>	<b>7</b>
<b>2 Rys historyczny</b>	<b>11</b>
2.1 Oscylator harmoniczny . . . . .	11
<b>3 Sterowanie optymalne - wariant numeryczny</b>	<b>19</b>
3.1 Podstawowy problem optymalnego sterowania - P1 . . . . .	19
3.2 Warunki optymalności . . . . .	21
<b>4 Warunki konieczne dla problemów kształtowania optymalnego</b>	<b>33</b>
4.1 Sformułowanie problemu . . . . .	33
4.2 Zasada minimum . . . . .	35
4.3 Problemy z ograniczeniem tylko na sterowanie . . . . .	37
4.4 Problemy z ograniczeniami na zmienne stanu . . . . .	39
4.5 Optymalne sterowanie dla układu zwyczajnych równań różniczkowych	42
4.6 Zestawienie warunków koniecznych . . . . .	42
4.7 Struktura sterowania i jej rząd . . . . .	43
4.8 Różne postacie funkcji Hamiltona w problemach sterowania z ograniczeni- ami . . . . .	46
4.9 Wnioski z zasady minimum . . . . .	50
4.10 Interpretacja zmiennych sprzężonych . . . . .	53
<b>5 Klasfikacja Różniczkowo-algebraicznych problemów brzegowych</b>	<b>55</b>
5.1 Wprowadzenie . . . . .	55
5.2 Klasyfikacje . . . . .	57

---

<b>6</b>	<b>Numeryczne sformułowanie problemu optymalizacji</b>	<b>61</b>
6.1	Podstawowy problem optymalnego sterowania . . . . .	62
6.2	Ogólne sformułowanie problemu . . . . .	62
6.3	Nierównościowe warunki ograniczające . . . . .	66
6.4	Inne sformułowania problemu . . . . .	67
<b>7</b>	<b>Metody numeryczne dyskretyzacji</b>	<b>69</b>
7.1	Metody pośrednie . . . . .	71
7.2	Metody bezpośrednie . . . . .	75
<b>8</b>	<b>Optymalne kształtowanie belek</b>	<b>79</b>
8.1	Wprowadzenie . . . . .	79
8.2	Warunki konieczne . . . . .	82
8.3	Minimalizacja maksymalnego ugięcia belki ciągłej . . . . .	94
8.4	Ściskany pręt o ograniczonym ugięciu jako zadanie optymalnego sterowania . . . . .	103
<b>9</b>	<b>Optymalizacja dźwigara stalowego z ograniczeniami normowymi</b>	<b>117</b>
9.1	Obciążenia . . . . .	117
9.2	Struktura zadania optymalizacji . . . . .	118
9.3	Warunki konieczne . . . . .	121
9.4	Rozwiązanie numeryczne . . . . .	122
<b>10</b>	<b>Optymalizacja dźwigara stalowo-betonowego</b>	<b>135</b>
10.1	Sformułowanie zadania . . . . .	135
10.2	Rozwiązanie numeryczne . . . . .	141
<b>11</b>	<b>Optymalizacja stalowej ramy portalowej</b>	<b>145</b>
11.1	Równania stanu . . . . .	145
11.2	Kombinacje obciążeń . . . . .	155
11.3	Funkcja celu . . . . .	157
<b>12</b>	<b>Optymalizacja wiaduktu drogowego z uwzględnieniem obciążeń stałych i zmiennych</b>	<b>175</b>
12.1	Fazy pracy obiektu . . . . .	175
12.2	Sformułowanie i rozwiązanie zadania optymalizacji . . . . .	176
12.3	Warunki brzegowe . . . . .	178

---

<b>13 Problem komiwojażera</b>	<b>187</b>
13.1 Sformułowanie problemu . . . . .	187
13.2 Zadanie komiwojażera - uwagi . . . . .	193
<b>14 Zakończenie</b>	<b>197</b>
<b>Literatura</b>	<b>199</b>