

# Spis treści

<b>1. Wstęp</b>	<b>1</b>
<b>2. Drgania podłużne siłowników hydraulicznych</b>	<b>6</b>
2.1. Wprowadzenie	6
2.2. Dyskretno-ciągłe modele układów	7
2.2.1. Siłownik podparcia	7
2.2.1.1. Opis modelu	7
2.2.1.2. Sformułowanie zagadnienia drgań swobodnych	8
2.2.1.3. Rozwiązanie zagadnienia drgań swobodnych	12
2.2.1.4. Przykładowe wyniki numeryczne	15
2.2.2. Siłownik zmiany wysięgu	17
2.2.2.1. Opis modelu	17
2.2.2.2. Sformułowanie zagadnienia drgań swobodnych	18
2.2.2.3. Rozwiązanie zagadnienia drgań swobodnych	21
2.2.2.4. Przykładowe wyniki numeryczne	23
2.3. Dyskretnne modele układów	25
2.3.1. Siłownik podparcia	25
2.3.1.1. Parametry zastępcze modelu	26
2.3.1.2. Przykłady liczbowe	27
2.3.2. Siłownik zmiany wysięgu	29
2.3.2.1. Parametry zastępcze modelu	29
2.3.2.2. Przykłady liczbowe	30
2.4. Podsumowanie	32
<b>3. Drgania poprzeczne wysięgników teleskopowych</b>	<b>33</b>
3.1. Wprowadzenie	33
3.2. Drgania swobodne układu belek z elementami dyskretnymi modelującego wysięgnik teleskopowy	34
3.2.1. Sformułowanie zagadnienia	34

3.2.2.	Metoda funkcji Greena	37
3.2.3.	Rozwiązanie zagadnienia	39
3.2.4.	Badania numeryczne	41
3.3.	Zagadnienia identyfikacji sztywności połączeń sprężystych członów wysięgnika teleskopowego na podstawie częstości drgań swobodnych	44
3.4.	Podsumowanie	46
<b>4. Drgania układu wysięgnik teleskopowy – siłownik zmiany wysięgu</b>		<b>47</b>
4.1.	Wprowadzenie	47
4.2.	Modelowanie drgań układu w płaszczyźnie podnoszenia	48
4.2.1.	Model dyskretno-ciągły	48
4.2.1.1.	Opis modelu	48
4.2.1.2.	Sformułowanie zagadnienia drgań swobodnych	49
4.2.1.3.	Rozwiązanie zagadnienia drgań swobodnych	54
4.2.1.4.	Przykładowe wyniki numeryczne	56
4.2.2.	Model dyskretny	59
4.2.2.1.	Opis modelu	59
4.2.2.2.	Parametry zastępcze modelu	60
4.2.2.3.	Przykłady liczbowe	62
4.3.	Modelowanie drgań układu w płaszczyźnie obrotu	63
4.3.1.	Model dyskretno-ciągły	63
4.3.1.1.	Opis modelu	63
4.3.1.2.	Sformułowanie zagadnienia drgań swobodnych	64
4.3.1.3.	Rozwiązanie zagadnienia drgań swobodnych	67
4.3.1.4.	Przykładowe wyniki numeryczne	69
4.3.2.	Model dyskretny	72
4.3.2.1.	Opis modelu	72
4.3.2.2.	Parametry zastępcze modelu	73
4.3.2.3.	Przykłady liczbowe	74
4.4.	Podsumowanie	75
<b>5. Oddziaływanie podpór żurawia samojezdnego na grunt sprężysto-plastyczny</b>		<b>77</b>
5.1.	Wstęp	77
5.2.	Modele sprężysto-plastyczne gruntu. Wzmocnienia gruntu	77
5.3.	Modelowanie konstytutywne gruntu	80
5.4.	Badania własności mechanicznych gruntu	83
5.5.	Oddziaływanie struktura-grunt i zagadnienie kontaktowe	84
5.6.	Oddziaływanie czterech podpór na grunt przy unoszeniu wysięgnika i ruchu ładunku	86
5.6.1.	Model obciążania podłoża przez podpory żurawia samojezdnego	86
5.6.2.	Model dyskretny oddziaływania podpór i wyniki symulacji numerycznych	91
5.7.	Oddziaływanie pojedynczej podpory na grunt przy uwzględnieniu sił prostopadłych do osi podpory	95
5.8.	Wyznaczanie charakterystyk obciążenie – przemieszczenie gruntu	99
5.8.1.	Model osiowosymetryczny obciążania podłoża przez pojedynczą podporę	99
5.8.2.	Relacje obciążenie – przemieszczenie przy liniowo rosnącym obciążaniu gruntu	100
5.8.3.	Relacje obciążenie – przemieszczenie przy liniowo zmiennym obciążaniu gruntu	104
5.9.	Podsumowanie i wnioski	115

<b>6. Wpływ układu podparcia na drgania poprzeczne wysięgnika teleskopowego</b>	<b>118</b>
6.1. Sformułowanie i rozwiązanie zagadnienia	119
6.2. Przykładowe wyniki obliczeń numerycznych	123
6.3. Identyfikacja sztywności podpór sprężystych układu podparcia wysięgnika na podstawie częstości drgań swobodnych	125
6.4. Podsumowanie	128
<b>7. Ruch układu żuraw samojezdny – przenoszony ładunek</b>	<b>129</b>
7.1. Wprowadzenie	129
7.2. Dynamika układu z uwzględnieniem odkształcalności układów podporowego i zawieszenia ładunku	131
7.2.1. Model fizyczny układu	131
7.2.2. Równania ruchu układu głównego	134
7.2.3. Równania ruchu ładunku	137
7.3. Modyfikacje modelu dynamicznego układu	139
7.3.1. Modyfikacja z uwzględnieniem drgań układu wysięgnik teleskopowy – siłownik zmiany wysięgu	140
7.3.2. Modyfikacja opisu matematycznego układu podparcia i podłoża	143
7.4. Sformułowanie zagadnienia początkowego ruchu układu	145
7.5. Przykładowe wyniki obliczeń numerycznych	147
7.5.1. Ruch wymuszony układu	149
7.5.2. Drgania swobodne układu	156
7.6. Podsumowanie	161
<b>8. Badania i identyfikacja modeli dynamicznych modelu laboratoryjnego żurawia</b>	<b>163</b>
8.1. Wprowadzenie	163
8.2. Model dyskretno-ciągły	164
8.2.1. Model fizyczny	164
8.2.2. Sformułowanie problemu – model matematyczny	167
8.2.3. Wyniki obliczeń numerycznych	169
8.2.4. Podsumowanie	171
8.3. Model MES układu	172
8.4. Eksperymentalna analiza modalna modelu laboratoryjnego żurawia	174
8.4.1. Wprowadzenie	174
8.4.2. Stanowisko badawcze	175
8.4.3. Wyniki analizy modalnej badanego układu	176
8.4.4. Podsumowanie	179
8.5. Porównanie wyników analizy dynamicznej modeli żurawia laboratoryjnego	179
8.5.1. Wprowadzenie	179
8.5.2. Porównanie wyników analizy dynamicznej modelu dyskretno-ciągłego z modelem modalnym	179
8.5.3. Porównanie wyników analizy dynamicznej modelu MES z modelem modalnym	181
8.5.4. Porównanie wyników analizy dynamicznej modeli dyskretno-ciągłego, MES i modelu modalnego	184
8.5.5. Podsumowanie	186

**9. Modelowanie i badania żurawia samochodowego 187**

- 9.1. Wprowadzenie 187
- 9.2. Opis układu rzeczywistego 188
- 9.3. Opis modelowanych zespołów badanego dźwigu 189
  - 9.3.1. Wprowadzenie 189
  - 9.3.2. Opis ramy podwozia 189
  - 9.3.3. Opis ramy nadwozia 190
  - 9.3.4. Opis wysięgnika teleskopowego 190
- 9.4. Modelowanie badanego żurawia 191
- 9.5. Wybrane wyniki badań 195
- 9.6. Podsumowanie 198

**10. Uwagi końcowe 199**

**Literatura 204**