

SPIS TREŚCI

1. WSTĘP	7
2. KONCEPCJA BIBLIOTEKI SIMULINKA	11
2.1. Przewidywane funkcje biblioteki	11
2.2. Układy współrzędnych	12
2.3. Podział układu wirującego na elementy sztywne i podatne	13
2.4. Przepływ sygnałów pomiędzy blokami	14
2.5. Blok modelujący sztywny wirnik	16
2.6. Blok modelujący podatny wał	18
2.7. Blok modelujący łożysko	19
2.8. Blok modelujący elastyczne sprzęgło	20
2.9. Pozostałe elementy biblioteki	21
3. WPŁYW NIEWYRÓWNOWAŻENIA NA DRGANIA GIĘTNE	23
3.1. Siły działające na wirującą maszynę w stanie ustalonym	23
3.2. Wirnik o dwóch stopniach swobody	27
3.3. Analiza równań ruchu wirnika o dwóch stopniach swobody	30
3.4. Wirnik o czterech stopniach swobody	36
3.5. Prędkości krytyczne wirnika o czterech stopniach swobody	42
3.5.1. Przykład obliczeniowy	44
3.6. Amplituda drgań ustalonych wirnika o czterech stopniach swobody	45
3.7. Podsumowanie rozdziału	48
4. SZTYWNY WIRNIK O SZEŚCIU STOPNIACH SWOBODY	49
4.1. Układ współrzędnych	49
4.2. Niewyrównoważenie statyczne i dynamiczne	53
4.3. Energia kinetyczna wirnika	55
4.4. Równania ruchu wirnika	57
4.5. Jawna postać równań ruchu	59
4.6. Równania ruchu w niejawnej postaci macierzowej	69
4.7. Równania zoptymalizowane na potrzeby obliczeń numerycznych	73
4.8. Zwiększenie dokładności obliczeń	74
4.9. Równania bez linearyzacji	77
4.10. Siły uogólnione	78
4.11. Tłumienie rotacyjne	79
4.12. Błędy geometryczne i montażowe	82
4.13. Wirnik długi	82
4.14. Wirnik idealnie wyrównoważony	84
4.15. Podsumowanie rozdziału	87

5. PROSTE MODELE WIRUJĄCEGO WAŁU	89
5.1. Współpraca podatnych wałów ze sztywnymi wirnikami	89
5.2. Wał w postaci elementu sprężysto-tłumiącego	92
5.3. Przykłady modelowania	95
5.3.1. Przykład wykorzystania EST	95
5.3.2. Wymuszenie kinematyczne	101
5.3.3. Przykład wykorzystania elementu belkowego	103
5.4. Podsumowanie rozdziału	106
 6. MODELOWANIE WIRUJĄCEGO WAŁU Z WYKORZYSTANIEM METODY SZTYWNYCH ELEMENTÓW SKOŃCZONYCH	 107
6.1. Opis cech geometrycznych i niewyrównoważenia wału	107
6.2. Podział wału na elementy skończone	114
6.3. Współczynniki sztywności i tłumienia EST	116
6.4. Współczynniki bezwładności SES	124
6.5. Globalne macierze sztywności i tłumienia	126
6.6. Równania ruchu SES	129
6.7. Nieliniowe EST	135
6.8. Siły od niewyrównoważenia SES	136
6.9. Podsumowanie rozdziału	139
 7. MODELOWANIE WAŁU ZA POMOCĄ ELEMENTÓW BELKOWYCH	 141
7.1. Odkształcenia elementu belkowego	142
7.2. Naprężenia i siły wewnętrzne	144
7.3. Przemieszczeniowe równania równowagi statycznej belki	146
7.4. Konsystentne funkcje kształtu	148
7.5. Energia potencjalna	153
7.6. Wpływ wirowania na stan odkształcenia i naprężenia	154
7.7. Energia kinetyczna	157
7.8. Tłumienie	164
7.9. Siły od niewyrównoważenia	170
7.10. Równania ruchu	171
7.11. Podsumowanie rozdziału	172
 8. MODELOWANIE ŁOŻYSK ORAZ INNYCH ELEMENTÓW BIBLIOTEKI	 173
8.1. Łożysko jako element inercyjny	173
8.2. Uproszczony model podparcia pojedynczego elementu belkowego	178
8.3. Sprzęgła i łączniki	181
8.4. Tłumiki drgań skrętnych	183
8.5. Elementy napędowe	185

9. WYBRANE PRZYKŁADY WYKORZYSTANIA BIBLIOTEKI SIMULINKA	189
9.1. Wpływ niewyważenia dynamicznego na drgania w stanach krytycznych	189
9.2. Wpływ progresywnej charakterystyki sztywności wału	196
9.3. Uprozczone modelowanie łożysk	205
9.4. Modelowanie wałów za pomocą MSES	208
10. ZAKOŃCZENIE	211
LITERATURA	213
ZAŁĄCZNIKI	218