

# SPIS TREŚCI

Wykaz najważniejszych oznaczeń .....	7
<b>1. Wprowadzenie .....</b>	<b>9</b>
1.1. Obiekt badań .....	9
1.2. Cel i zakres pracy .....	17
1.3. Przegląd literatury .....	21
<b>2. Metoda formułowania przestrzennego modelu samobieźnego przeciwlotniczego zestawu raketowego .....</b>	<b>27</b>
2.1. Model fizyczny zestawu przeciwlotniczego wraz z układami odniesienia .....	28
2.2. Model matematyczny zestawu przeciwlotniczego .....	32
2.2.1. Położenie brył i punktów materialnych oraz odkształcenie elementów podatnych .....	33
2.2.2. Prędkość brył i punktów materialnych oraz prędkość odkształcenia elementów podatnych .....	36
2.2.3. Energia kinetyczna .....	39
2.2.4. Energia potencjalna sprężystości i dyssypatywna funkcja Rayleigha .....	40
2.2.5. Energia potencjalna jednorodnego pola sił grawitacyjnych .....	41
2.2.6. Siły niepotencjalne .....	43
2.3. Podsumowanie .....	44
<b>3. Model fizyczny samobieźnego przeciwlotniczego zestawu raketowego .....</b>	<b>45</b>
3.1. Model fizyczny pojazdu samochodowego .....	46
3.2. Model fizyczny człowieka .....	51
3.2.1. Model fizyczny operatora .....	52
3.2.2. Model fizyczny kierowcy .....	55
3.3. Model fizyczny wyrzutni .....	57
3.3.1. Układ prowadnica-rakieta .....	61
3.4. Model fizyczny pocisku raketowego .....	64
3.5. Model fizyczny układu giroskopowego .....	68
3.6. Model celu .....	73
3.7. Podsumowanie .....	73
<b>4. Model matematyczny samobieźnego przeciwlotniczego zestawu raketowego .....</b>	<b>77</b>
4.1. Równania ruchu pojazdu samochodowego .....	78
4.1.1. Wymuszenie pochodzące od nawierzchni drogi .....	80

4.2. Równania ruchu człowieka .....	86
4.3. Równania ruchu wyrzutni .....	89
4.4. Równania ruchu pocisku raketowego .....	96
4.4.1. Zależności kinematyczne .....	99
4.5. Równania ruchu układu giroskopowego .....	100
4.5.1. Układ sterowania .....	103
4.5.2. Równania więzów kinematycznych .....	103
4.5.3. Zależności kinematyczne .....	103
4.6. Równania ruchu celu .....	105
4.7. Równania równowagi .....	106
4.8. Podsumowanie .....	109
<b>5. Symulacja numeryczna ruchu samobieźnego przeciwlotniczego zestawu raketowego .....</b>	<b>112</b>
5.1. Drgania pojazdu samochodowego .....	115
5.2. Wpływ oddziaływań na człowieka .....	123
5.3. Drgania wyrzutni .....	127
5.4. Ruch rakiet na wyrzutni .....	133
5.5. Sterowanie giroskopem .....	137
5.6. Ruch celu .....	142
5.7. Podsumowanie .....	143
<b>6. Zastosowanie hybrydowego układu wibroizolacji do sterowania drganiami wieży wyrzutni .....</b>	<b>146</b>
6.1. Redukcja drgań wieży .....	149
6.2. Wpływ stabilizacji wieży na ruch rakiet na wyrzutni .....	155
6.3. Wpływ stabilizacji wieży na sterowanie giroskopem .....	159
6.4. Wpływ stabilizacji wieży na drgania człowieka .....	163
6.5. Podsumowanie .....	168
<b>7. Podsumowanie .....</b>	<b>170</b>
<b>8. Dynamika samobieźnego przeciwlotniczego zestawu raketowego w płaszczyźnie pionowej .....</b>	<b>173</b>
8.1. Model fizyczny zestawu przeciwlotniczego wraz z układami odniesienia .....	174
8.1.1. Model fizyczny pojazdu samochodowego .....	174
8.1.2. Model fizyczny operatora .....	177
8.1.3. Model fizyczny wyrzutni .....	179

8.1.3.1. Układ prowadnica-rakieta o dwóch stopniach swobody .....	182
8.1.3.2. Układ prowadnica-rakieta o trzech stopniach swobody .....	186
8.1.4. Model fizyczny pocisku raketowego .....	190
8.1.5. Model fizyczny układu giroskopowego .....	191
8.1.6. Model celu .....	194
8.1.7. Podsumowanie .....	195
8.2. Model matematyczny zestawu przeciwlotniczego .....	198
8.2.1. Równania ruchu pojazdu samochodowego .....	198
8.2.1.1. Wymuszenie pochodzące od nawierzchni drogi .....	200
8.2.2. Równania ruchu operatora .....	201
8.2.3. Równania ruchu wyrzutni .....	202
8.2.4. Równania ruchu pocisku raketowego .....	206
8.2.4.1. Pocisk raketowy znajdujący się w górnej prowadnicy .....	206
8.2.4.2. Pocisk raketowy znajdujący się w dolnej prowadnicy .....	208
8.2.5. Równania ruchu giroskopu .....	210
8.2.5.1. Układ sterowania .....	212
8.2.5.2. Równania więzów kinematycznych .....	212
8.2.5.3. Zależności kinematyczne .....	212
8.2.6. Równania ruchu celu .....	214
8.2.7. Równania równowagi .....	215
8.2.8. Podsumowanie .....	216
8.3. Symulacja numeryczna ruchu zestawu przeciwlotniczego .....	217
8.3.1. Start rakiet z pojazdu samochodowego pozostającego w spoczynku .....	220
8.3.1.1. Ruch rakiet na wyrzutni .....	221
8.3.1.2. Sterowanie giroskopem .....	224
8.3.1.2.1. Zmiana wartości współczynnika wzmocnienia .....	226
8.3.1.3. Drgania układu prowadnic .....	228
8.3.1.4. Drgania platformy .....	231
8.3.1.5. Drgania człowieka .....	233
8.3.1.6. Ruch celu .....	235
8.3.2. Start rakiet z pojazdu samochodowego realizującego ruch podstawowy .....	236
8.3.2.1. Wpływ charakterystyki drogi na ruch rakiet na wyrzutni .....	238
8.3.2.2. Wpływ charakterystyki drogi na sterowanie giroskopem .....	243
8.3.2.3. Wpływ charakterystyki drogi na drgania układu prowadnic .....	246
8.3.2.4. Wpływ charakterystyki drogi na drgania platformy .....	249
8.3.2.5. Wpływ charakterystyki drogi na drgania człowieka .....	253
8.3.3. Podsumowanie .....	256
8.4. Podsumowanie .....	259

<b>9. Zakończenie</b> .....	261
9.1. Wnioski ogólne .....	261
9.2. Kierunki dalszych badań .....	263
<b>Dodatek</b> .....	266
Dodatek A. Wykaz szczegółowych oznaczeń .....	266
Dodatek B. Układy współrzędnych .....	277
<b>PIŚMIENNICTWO</b> .....	299
<b>SUMMARY</b> .....	312