

## SPIS TREŚCI

SPIS SYMBOLI I OZNACZEŃ .....	5
1. WPROWADZENIE .....	9
2. ODDZIAŁYWANIE WYBUCHU PODWODNEGO NA OKRĘT .....	17
2.1. Klasyfikacja oddziaływań wybuchów podwodnych na okręt .....	19
2.1.1. Wybuchy kontaktowe .....	19
2.1.2. Bliskie wybuchy niekontaktowe .....	22
2.1.3. Dalekie wybuchy niekontaktowe .....	25
2.1.4. Eksplozja miny pod drobnicowcem PLO – m/s Józef Wybicki .....	26
2.2. Testy morskie oddziaływania wybuchów podwodnych na okręt .....	30
2.3. Zagrożenia minowe na akwenach świata .....	38
2.4. Bomby głębinowe .....	41
3. OPIS WYBUCHU PODWODNEGO .....	43
3.1. Opis fali ciśnienia od wybuchu TNT w wodzie wg R. H. Cole'a .....	43
3.2. Wzory R. H. Cole'a z poprawkami W. Stiepanowa i J. S. Nawagina .....	47
3.3. Opis fali ciśnienia od wybuchu wg W. D. Reida .....	48
3.4. Opis fali ciśnienia od wybuchu wg T. L. Geersa, K. S. Huntera .....	51
3.5. Zestawienie i porównanie modeli fali ciśnienia wg różnych autorów .....	53
3.6. Czas oddziaływania fali ciśnienia na okręt .....	58
3.7. Kąt padania fali ciśnienia na okręt .....	59
3.8. Wartość ciśnienia padającego na kadłub okrętu .....	62
3.8.1. Wartość ciśnienia za frontem fali odbitej – regularnej .....	63
3.8.2. Wartość ciśnienia za frontem fali odbitej nieregularnej – fala Macha .....	67
3.8.3. Fala odbita od przegrody .....	69
3.8.4. Fala ciśnienia odbita od powierzchni wody i kawitacja powierzchniowa .....	70
3.8.5. Fala ciśnienia odbita od dna .....	74
3.9. Wyznaczanie ciśnienia obciążającego obiekt w wodzie .....	77
3.10. Równanie stanu JWŁ dla TNT .....	79
3.11. Procedura UNDEX .....	82
3.12. Współczynniki <i>HSF</i> i <i>KSF</i> .....	83
3.13. Klasyfikacja uszkodzeń wg norm NATO .....	84
4. OPIS WŁAŚCIWOŚCI MATERIAŁÓW W UJĘCIU NUMERYCZNYM .....	87
4.1. Charakterystyka sprężysta materiału .....	88
4.2. Rzeczywista charakterystyka plastyczna materiału .....	91
4.3. Plastyczna charakterystyka materiału w funkcji prędkości odkształcenia .....	94
4.4. Plastyczna charakterystyka materiału w modelu Johnsona–Cooka .....	96
4.5. Inne modele materiałów .....	104
4.6. Współczynnik <i>triaxiality</i> .....	106
4.7. Współczynnik <i>triaxiality</i> według Bridgmana .....	109
4.8. Modelowanie zniszczenia materiału .....	110
4.9. Model zniszczenia Johnsona–Cooka .....	114
4.10. Stale HY80, HY100, HY130, HY200 .....	116

4.11. Wyznaczanie charakterystyki stali HY80 po 55 latach eksploatacji .....	117
4.11.1. Statyczne i dynamiczne próby rozciągania stali HY80 .....	118
4.11.2. Statyczne charakterystyki stali HY80 .....	121
4.11.3. Model Johnsona–Cooka dla stali HY80 .....	122
4.11.4. Model zniszczenia dla stali HY80 .....	124
4.12. Własności stopu aluminium Al7,5Mg po hydroekstruzji .....	126
4.12.1. Statyczna charakterystyka stopu Al7,5Mg .....	127
4.12.2. Własności dynamiczne stopu Al7,5Mg .....	128
4.12.3. Model Johnsona–Cooka stopu Al7,5Mg .....	129
4.12.4. Model zniszczenia stopu Al7,5Mg .....	130
5. CAŁKOWANIE NUMERYCZNE RÓWNAŃ RUCHU W UJĘCIU MES .....	133
5.1. Metoda różnic centralnych (skończonych) .....	134
5.2. Metoda Houbolta .....	136
5.3. Metoda Newmarka i Eulera .....	137
5.4. Metoda Wilsona .....	139
6. GEOMETRIA KADŁUBA OKRĘTU I DYSKRETYZACJA .....	141
6.1. Elementy skończone stosowane do dyskretyzacji kadłuba okrętu .....	143
6.2. Łączenie elementów skończonych różnych typów za pomocą konektorów .....	146
6.3. Modelowanie urządzeń i wyposażenia .....	149
6.4. Weryfikacja ciągłości struktury kadłuba okrętu .....	154
7. OŚRODEK AKUSTYCZNY .....	159
7.1. Równania równowagi ośrodka akustycznego .....	159
7.2. Warunki brzegowe .....	161
7.3. Modelowanie ośrodka akustycznego w programie CAE .....	163
7.4. Definiowanie fali uderzeniowej (sił akustycznych) w ośrodku akustycznym .....	166
7.5. Dyskretyzacja ośrodka akustycznego .....	167
8. ZADANIA I PRZYKŁADY OBLICZENIOWE .....	171
8.1. Analiza wytrzymałości płaskiego dna okrętu .....	171
8.2. Analiza wytrzymałości konstrukcji kadłuba okrętu podwodnego klasy Kilo .....	178
8.3. Oddziaływanie fali ciśnienia z odbiciem od dna na kadłub okrętu .....	197
8.4. Analiza oddziaływania niekontaktowych wybuchów na kadłub niszczyciela min Kormoran bis .....	210
8.5. Wyznaczanie stref bezpieczeństwa dla niszczyciela min Kormoran bis .....	238
8.6. Oddziaływanie fali ciśnienia na posadowienie silników głównych okrętu podwodnego wzorowanego na klasie Zwaardvis .....	248
9. PODSUMOWANIE .....	261
BIBLIOGRAFIA .....	263