

SPIS TREŚCI

1. WSTĘP.....	7
1.1 Charakterystyka układów wieloczłonowych z luzami jako obiektu badań.....	8
1.2 Geneza pracy.....	9
1.3 Uzasadnienie wyboru tematu.....	11
2. ANALIZA STANU ZAGADNIENIA, CEL I ZAKRES PRACY.....	13
2.1 Ogólna problematyka badań połączeń z oddziaływaniem luzów.....	14
2.2 Przegląd zagadnień badania mostów specjalnych z uwzględnieniem połączeń i luzów.....	22
2.3 Podsumowanie przeglądu literatury.....	28
2.4 Cel pracy.....	29
2.5 Zakres pracy.....	30
3. METODY NUMERYCZNE I EKSPERYMENTALNE W BADANIACH WYTRZYMAŁOŚCI KONSTRUKCJI WIELOCZŁONOWYCH Z LUZAMI	33
3.1 Równania ruchu bryły sztywnej na płaszczyźnie i metody rozwiązywania numerycznego.....	35
3.2 Równania dynamiki układu z członami sztywnymi w przestrzeni 3D i metody rozwiązania numerycznego.....	39
3.3 Metoda elementów skończonych w analizach numerycznych podatnych układów wieloczłonowych.....	43
3.3.1 Równania równowagi metody elementów skończonych w analizie statycznej.....	43
3.3.2 Konstytutywne związki materiałów izotropowych.....	44
3.3.3 Metody rozwiązywania dyskretnych układów nieliniowych.....	45
3.3.4 Algorytm niejawny w rozwiązywaniu zagadnień nieliniowych.....	45
3.3.5 Metoda Newtona-Raphsona.....	46
3.3.6 Analizy MES w zakresie dynamiki.....	48
3.4 Badania eksperymentalne w walidacji modeli i metod analizy numerycznej konstrukcji wieloczłonowych z luzami.....	51
3.4.1 Pomiary odkształceń za pomocą metody tensometrycznej.....	54
3.4.2 Metody fotogrametryczne w walidacji modeli numerycznych.....	57
3.4.3 Metoda optyczna pomiaru odkształceń z zastosowaniem systemu Aramis.....	59

4. METODY BADANIA POŁĄCZEŃ Z LUZEM W MODUŁOWYCH SYSTEMACH PŁYWAJĄCYCH.....	63
4.1 Wprowadzenie do badania mostów pływających typu wstęgi.....	64
4.2 Specyfika działania mostu pływającego typu wstęga jako konstrukcji wieloczołowej i znaczenie luzu montażowego	65
4.3 Metoda analityczna – podejście ciągle	67
4.4 Metoda superelementów – podejście dyskretnie	70
4.5 Metoda elementów skończonych specjalizowana w statycznych analizach modułowych systemów pływających.....	72
4.5.1 Równania równowagi	72
4.5.2 Równania więzów.....	73
4.5.3 Modelowanie oddziaływania wody w MES.....	75
4.6 Metoda rekurencyjna i MES w uproszczonych analizach statycznych kompletnych wstęg pływających o budowie modułowej z luzami montażowymi	79
4.6.1 Równania równowagi w modelach z elementami sztywnymi.....	80
4.6.2 Równania kinematyczne metody rekurencyjnej	81
4.6.3 Procedury uaktualniania kinematycznych i statycznych parametrów układu	82
4.7 Badania porównawcze mostów pływających – ocena dokładności metod uproszczonych	85
5. METODYKA BADAŃ WYTRZYMAŁOŚCI WIELOCZOŁOWYCH SYSTEMÓW PŁYWAJĄCYCH Z LUZAMI NA PRZYKŁADZIE PROTOTYPOWYCH KASET I POŁĄCZEŃ	89
5.1 Modyfikacje pojedynczej kasety prototypowej i systemu połączeń.....	91
5.1.1 Koncepcja zastosowania dodatkowych złączy i modułów dziobowo-rufowych (nakładek)	93
5.1.2 Koncepcja mobilnych platform pływających i promów.....	94
5.1.3 Podsumowanie.....	97
5.2 Uwarunkowania eksploatacyjno-konstrukcyjne luzów w złączach systemów pływających	97
5.3 Metodyka badań wytrzymałości konstrukcji wieloczołowych z uwzględnieniem luzów	101
5.3.1 Metodyka badań wytrzymałości na przykładzie mostów pływających.....	101
5.3.2 Wybrane praktyczne aspekty wykorzystania metodyki do badania dowolnych konstrukcji wieloczołowych z luzami	104

6. BADANIA TEORETYCZNE WPŁYWU LUZÓW MONTAŻOWYCH W ZŁĄCZACH MOSTÓW PŁYWAJĄCYCH NA PARAMETRY KINEMATYCZNE KONSTRUKCJI	109
6.1 Metodyka analizy przemieszczeń niesprężystych układu wieloczołowego na przykładzie eksploatowanych wstęg pływających	109
6.2 Wyniki analizy przemieszczeń niesprężystych układu wieloczołowego na przykładzie wstęg pływających PP-64	114
6.3 Procedura analitycznego wyznaczania ugięć niesprężystych w zastosowaniu do wstęgi mostu zestawionego z prototypowych kaset.....	121
6.4 Podsumowanie.....	127
7. BADANIA WYTRZYMAŁOŚCI ZESTAWU DWÓCH KASET PROTOTYPOWYCH Z POŁĄCZENIAMI	129
7.1 Test poligonowy obciążenia kaset na wodzie.....	129
7.1.1 Walidacja modelu sztywnego zestawu dwóch kaset prototypowych ...	134
7.1.2 Walidacja modelu odkształcalnego zestawu dwóch kaset prototypowych	139
7.2 Test poligonowy obciążenia zastępczego zestawu dwóch połączonych kaset	144
7.3 Numeryczne odwzorowanie testu poligonowego zginania zestawu dwóch połączonych kaset	150
8. ANALIZY NUMERYCZNE W OKREŚLANIU NOŚNOŚCI MODUŁOWYCH ZESTAWÓW PŁYWAJĄCYCH.....	159
8.1 Numeryczne badanie wpływu parametrów konstrukcyjnych, w tym luzów montażowych na wytrzymałość wstęg pływających	161
8.1.1 Luzy podwójne w globalnych modelach belkowych wstęg.....	161
8.1.2 Analiza MES nośności mostu pływającego w różnych konfiguracjach konstrukcyjnych z zastosowaniem globalnych modeli płaskich	165
8.2 Modele globalne 3D mostów pływających z luzami w dwóch płaszczyznach	170
8.2.1 Wybrane wyniki analizy z odwzorowaniem jednoczesnego zginania i skręcania wstęgi z luzami	170
8.2.2 Badania MES pojedynczej wstęgi z luzami podwójnymi, naporem hydrodynamicznym i obciążeniami normowymi	172
8.3 Wielowariantowe badania numeryczne prototypowych mostów kasetowych w różnych konfiguracjach eksploatacyjnych w globalnych modelach przestrzennych.....	179

8.4	Badania dynamiczne wstęp pływających w globalnych modelach zbudowanych z brył sztywnych – analizy multibody	189
8.4.1	Analiza pojedynczych wstęp pływających w modelach 2D	191
8.4.2	Analiza pojedynczych wstęp pływających w modelach 3D	197
8.4.3	Analiza multibody w modelach 3D pojedynczych wstęp pływających zestawionych z kaset prototypowych	201
8.5	Numeryczny test zginania zestawu dwóch kaset w modelu lokalnym MES z luzami w aspekcie oceny nośności wstęgi pojedynczej mostu prototypowego	209
9.	BADANIA WYDZIELONEGO ZŁĄCZA TRZPIENIOWEGO PROTOTYPOWEJ KASETY PŁYWAJĄCEJ	217
9.1	Badania złącza na stanowisku laboratoryjnym	220
9.1.1	Stanowiska do badania zginania trójpunktowego i jednostronnego wydzielonego złącza kasety prototypowej	220
9.1.2	Pomiary przemieszczeń podzespołów złącza w testach zginania	223
9.1.3	Badania odkształceń złącza głównego	229
9.1.4	Badania laboratoryjne materiału złącza głównego – stal 18G2A/S355	239
9.2	Analiza MES wydzielonego złącza i elementów stanowiska laboratoryjnego	244
9.2.1	Walidacja modelu złącza na stanowisku laboratoryjnym	245
9.2.2	Badania numeryczne złącza na stanowisku laboratoryjnym w zakresie odkształceń plastycznych	251
9.3	Modele i analizy MES połączenia burtowego z uwzględnieniem luzów i rzeczywistych warunków współdziałania podzespołów połączenia	260
10.	PODSUMOWANIE I WNIOSKI	275
10.1	Inne wnioski szczegółowe	277
10.2	Oryginalne elementy pracy	278
10.3	Kierunki dalszych badań	279
	LITERATURA	281
	ZAŁĄCZNIK – OPIS SKRÓTÓW I SYMBOLI	291