Sândița PĂCURARU

RISC ȘI FIABILIATE PENTRU STRUCTURI MAXIME EXISTENTE

Teză de doctorat

EDITURA FUNDAŢIEI UNIVERSITARE
***„Dunărea de Jos”* – GALAŢI – 2019**

UNIVERSITATEA DUNĂREA DE JOS GALAȚI
FACULTATEA DEARHITECTURĂ NAVALĂ

Editura Fundaţiei Universitare „Dunărea de Jos” din Galaţi
este acreditată de CNCSIS

Referenți științific:
Acad. Prof. univ. dr. ing., Dr.H.C. Liviu Stoicescu
Prof. univ. dr. ing., Dr.H.C. Anton Hadăr
Acad. Prof. univ. dr. ing., Vasile Năstăsescu
Prof.univ.dr.ing. Leonard Domnișoru

©Editura Fundaţiei Universitare
“Dunărea de Jos”, Galaţi, 2019
ISBN 978-973-627-628-6
Director editură.
Prof. univ. Emerit dr. Cosma Tudose

www.editura.ugal.ro
editura@ugal.ro

Cuprins

Cuvânt înainte
Introducere
Nomenclator
Listă de figuri. Listă de tabele

Cuprins pag.

1. Actualitatea şi importanţa temei. Obiectivele tezei..... 1
1.1 Introducere..... 1
1.2 Stadiul actual al cunoaşterii..... 3
1.3 Obiectivele tezei 7
1.4 Justificarea alegerii temei..... 8
1.5 Structura tezei..... 10
2. Modelul matematic pentru estimarea mişcărilor şi solicitărilor hidrodinamice ale navei pe valuri regulate..... 13
2.1 Introducere..... 13
2.2 Scurt istoric..... 14
2.3 Modelul matematic pentru studiul mişcărilor navei şi solicitărilor generate de acţiunea valurilor regulate..... 15
2.3.1 Formularea generală a ecuaţiilor de mişcare..... 17
2.3.2 Mişcările cuplate verticale şi de tangaj..... 19
2.3.3 Mişcările cuplate laterale, de ruliu şi de rotaţie în plan orizontal..... 21
2.3.4 Solicitările generate de acţiunea valurilor regulate..... 22
3. Estimarea răspunsului hidrodinamic şi structural al navei pe valuri regulate..... 27
3.1 Introducere..... 27
3.2 Descrierea programului de calcul al coeficienţilor hidrodinamici..... 31
3.3 Rezultate. Mişcări şi încărcări dinamice din valuri regulate..... 32
3.4 Măsurători experimentale în Bazinul de Carene ale performanţelor de seakeeping ale modelului navei..... 44
4. Estimarea răspunsului hidrodinamic şi structural al navei pe valuri neregulate..... 53
4.1 Modelul matematic pentru prognoza pe termen scurt a răspunsului navei pe valuri neregulate..... 53
4.2 Estimarea răspunsului navei vrachier de 70000 tdw pe valuri 57

neregulate.....
5. Analiza rezistenţei în zona centrală a navei vrachier..... 65
5.1. Fundamente teoretice..... 65
5.2. Modelul structural preliminar al navei vrachier (model 1D)..... 69
5.3. Modelul numeric 3D-FEM al navei vrachier..... 76
5.4. Coeficienţii de influenţă $K_{Svon/M}$, $K_{Sx/M}$ (model 3D-FEM)..... 100
5.5. Coeficienţii de corelare $K_{Svon3D/1D}$, $K_{Sx3D/1D}$ (modele 3D/1D)..... 106
6. Analiza riscului şi a fiabilităţii structurii navei..... 119
6.1 Variabile aleatoare. Cuantificarea variabilelor aleatoare continue..... 119
6.2 Distribuţia binomială..... 121
6.3 Distribuţia normală (Gaussiană)..... 121
6.4 Distribuţia Rayleigh..... 124
6.5 Metode de analiză a fiabilității. Metoda fiabilităţii de ordinul I (FORM)..... 126
6.6 Proiectarea pe baza riscului..... 128
6.7 Rezistenţa şi încărcarea ca variabile distribuite normal..... 129
6.7.1 Solicitarea dinamică (indusă de val) a corpului navei..... 129
6.7.2 Solicitarea din apă calmă a corpului navei..... 132
6.7.3. Coeficienţii de corelare 3D/1D. Tensiunile normale totale..... 133
6.8 Indicatorii de risc şi fiabilitate..... 134
6.9 Evoluţia indicatorilor de risc şi fiabilitate pe durata de exploatare a navei..... 130
7. Concluzii generale, contribuţii originale şi perspective..... 151
Bibliografie
..... 159

Table of contents

Foreword
Introduction
Notations
Figures and Tables
Table of contents
1. Importance of the topic. Objectives of the thesis..... 1
1.1Introduction..... 1
1.2 Brief state of the art..... 3
1.3 The scope of the thesis..... 7
1.4 Thesis topic justification..... 8
1.5 Structure of the thesis..... 10
2. The mathematical model for predicting the hydrodynamic response on regular waves..... 13
2.1 Introduction..... 13
2.2 Short hystory..... 14
2.3 The mathematical model for predicting the ship motions on regular waves..... 15
2.3.1 General formulation of the equations of motion..... 17
2.3.2 Coupled vertical and pitching motions..... 19
2.3.3 Coupled roll and yaw ship motions..... 21
2.3.4 Induced loads on regular waves..... 22
3. Prediction of hydrodynamic and structural ship response on regular waves..... 27
3.1 Introduction..... 27
3.2 The description of the computer code – the hydrodynamic coefficients..... 31
3.3 Results. Motions and dynamic loads in regular waves - results..... 32
3.4 Experimental evaluation of seakeeping performances..... 44
4. Prediction of hydrodynamic and structural ship response on irregular waves..... 53
4.1 Mathematical model for short-term prediction of ship response on irregular waves..... 53
4.2 Panamax bulk carrier response on irregular waves – short term prediction..... 57
5. Strength analysis of the considered bulk carrier..... 65
5.1.Theoretical background..... 65
5.2. Preliminary structural model (1D model)..... 69

5.3. Numerical 3D-FEM model 76
5.4. The coefficients $K_{Svon/M}$, $K_{Sx/M}$ (3D-FEM model)..... 10 0
5.5. The correlation coefficients $K_{Svon3D/1D}$, $K_{Sx3D/1D}$ (3D/1D models)..... 10 6
6. Risk and reliability assesments..... 11 9
6.1 Random variables. Quantification of continuous random variables..... 11 9
6.2 Binomial distribution..... 12 1
6.3 Normal (Gaussian) distribution..... 12 1
6.4 Rayleigh distribution..... 12 4
6.5 Methods for reliability analysis. First order reliability method (FORM)..... 12 6
6.6 Risk based design..... 12 8
6.7 Structural strength and ship loads considered as normally distributed variables..... 12 9
6.7.1 Dynamic structural loads..... 12 9
6.7.2 Still water structural loads..... 13 2
6.7.3. Corelation coefficients 3D/1D. The total normal stress 13 3
6.8 Risk and reliability indexes..... 13 4
6.9 The risk and reliability indexes during ship operation..... 13 0
7. General conclusions, original contributions and future work..... 15 1
Bibliography..... 15 9
List of published papers..... 16 5
Curriculum Vitae..... 16 7