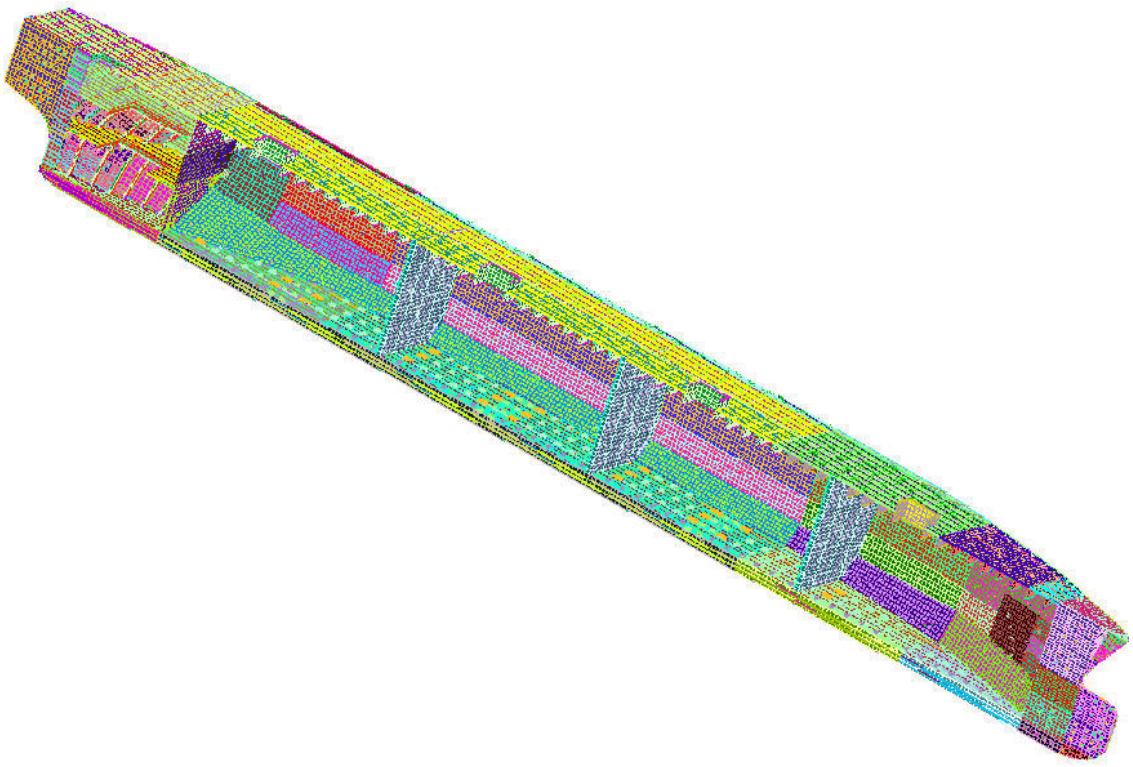
Iulia Mirciu, Leonard Domnișoru

ANALIZA STRUCTURALA A STARILOR LIMITA LA NAVELE TIP TANC



Editura Fundaţiei Universitare „Dunărea de Jos”
Galaţi - 2016

Iulia Mirciu, Leonard Domnișoru

ANALIZA STRUCTURALĂ A STĂRILOR LIMITĂ LA NAVELE TIP TANC

Editura Fundaţiei Universitare „Dunărea de Jos”
Galaţi - 2016

Copyright © 2016, Editura Fundaţiei Universitare „Dunărea de Jos” Galaţi
Inclusă în baza de date a editurilor aprobate CNCSIS Bucureşti (Cod 147)

Director: Prof.univ.dr.fiz. Cosma Tudose
Adresă: Universitatea „Dunărea de Jos” din Galaţi
Str. Domnească 47, Cod RO-800008
Tel.: 0236-414112
Fax.: 0236-461353
Web: www.editura.ugal.ro
E-mail: editura@ugal.ro

Referenţi ştiinţifici:

Prof.univ.dr.ing. Ioan Curtu

Prof.univ.dr.ing. Vasile Năstăsescu

Prof.univ.dr.ing. Anton Hadăr

Prof.univ.dr.ing. Costel Iulian Mocanu

ISBN: 978 - 973 - 627 - 558 - 6

CUPRINS

CAPITOLUL 1 Introducere..... 4
CAPITOLUL 2 Fundamentele teoretice pentru analiza stărilor limită ale structurii navelor tip tanc supuse la solicitări dinamice şi cvasi – statice echivalente din valuri..... 7
2.1 Stadiul actual privind cerinţele constructive pentru structura corpului navelor tancuri tip LPG, reglementate de către codurile internaţionale ale societăţilor de clasificare navale. Stările limită pentru structura navelor tip tanc..... 7
2.2 Metode pentru analiza rezistenţei locale şi generale a corpului navei în plan vertical folosind modele structurale 1D/3D – FEM, cu solicitări din valuri cvasi-statice de întâlnire. Starea limită la referinţa tensiunii de curgere a materialului..... 17
2.2.1 Analiza rezistenţei generale a corpului navei pe baza modelului 1D grindă echivalentă..... 17
2.2.2 Analiza rezistenţei generale şi locale a corpului navei pe baza modelelor cu elemente finite 3D – FEM complet extinse pe lungimea navei..... 19
2.2.3 Normele navale pentru rezistenţa generală şi locală privind starea limită la referinţa tensiunii de curgere a materialului..... 22
2.3 Metode pentru analiza momentului încovoietor ultim al corpului navei, cu solicitări din valuri echivalente cvasi-statice de întâlnire. Starea limită la referinţa rezistenţei ultime a corpului navei şi la pierderea stabilităţii structurale..... 24
2.3.1 Analiza momentului încovoietor ultim al corpului navei..... 24
2.3.2 Analiza pierderii stabilităţii structurale pe modele 3D – FEM..... 31
2.4 Metode pentru determinarea răspunsului dinamic structural pe termen scurt, cu solicitări din valuri aleatoare extreme de întâlnire. Criterii limită ale dinamicii navei în valuri aleatoare..... 32
2.4.1 Analiza oscilaţiilor liniare ale corpului navei..... 33
2.4.2 Elemente de analiză statistică a răspunsului dinamic al navei pe termen scurt. Criterii limită pentru oscilaţiile pe verticală, tangaj şi ruliu..... 38
2.4.3 Analiza răspunsului dinamic hidroelastic liniar stabilizat, la oscilaţii şi vibraţii cuplate în plan vertical..... 43
2.4.4 Analiza răspunsului dinamic hidroelastic neliniar tranzitoriu, la oscilaţii şi vibraţii cuplate în plan vertical..... 46
2.5 Metode pentru analiza răspunsului dinamic structural pe termen lung. Starea limită la referinţa rezistenţei la oboseală..... 49
CAPITOLUL 3 Prezentarea navei tanc tip LPG 100000 m^3 pentru analizele structurale cu solicitări echivalente cvasi – statice şi dinamice..... 55
3.1 Definiţii, abrevieri, unităţi de măsură şi convenţii..... 55
3.1.1 Definiţii şi abrevieri..... 55
3.1.2 Sistemul de coordonate al corpului navei..... 57
3.1.3 Unităţi de măsură..... 58
3.2 Descrierea generală a navei tanc LPG 100000 m^3 modelată în cadrul studiului..... 59
3.3 Planul de forme. Caracteristicile hidrostatice..... 61
3.4 Proprietăţile de material pentru construcţia corpului navei..... 61
3.5 Dimensionarea structurală conform codurilor navale de proiectare..... 62
3.6 Distribuţia pe lungimea navei a caracteristicilor secţionale..... 71
3.7 Cazurile semnificative de încărcare. Distribuţia de mase pe lungimea navei..... 73

CAPITOLUL 4 Analiza numerică a rezistenței generale și locale a corpului navei tip LPG 100000 m^3 în plan vertical folosind modele 1D/3D-FEM, cu solicitări din valuri echivalente cvasi-statice..... 78
4.1 Analiza numerică a rezistenței generale a corpului navei LPG 100000 m^3, cu modele 1D grindă echivalentă. Solicitări în apă calmă şi val echivalent cvasi – static..... 78
4.1.1 Analiza numerică a rezistenței generale a navei în cazul de plină încărcare cu model 1D – grindă echivalentă..... 79
4.1.2 Analiza numerică a rezistenței generale a navei în cazul de balast cu model 1D–grindă echivalentă.... 82
4.2 Modele 3D - CAD/FEM pentru analiza numerică a rezistenței generale şi locale a corpului navei LPG 100000 m^3, complet extinse pe lungimea navei..... 84
4.2.1 Modelul 3D – CAD/FEM dezvoltat cu aplicația FEMAP/NX NASTRAN..... 85
4.2.2 Importul modelului 3D – FEM în aplicația SolidWorks Cosmos/M..... 91
4.2.3 Modelarea condițiilor de margine şi a distribuției de mase pentru modelul 3D – FEM în cazurile de plină încărcare şi balast..... 94
4.3 Analiza numerică a rezistenței corpului navei LPG 100000 m^3 în cazul de plină încărcare cu modelul 3D – FEM complet extins pe lungimea navei..... 95
4.4 Analiza numerică a rezistenței corpului navei LPG 100000 m^3 în cazul de balast cu modelul 3D – FEM complet extins pe lungimea navei..... 97
4.5 Verificarea criteriului de rezistență generală și locală în raport cu limita de curgere a materialului în cele două cazuri de încărcare, pentru modele 1D/3D - FEM..... 101
4.6 Concluzii privind analiza rezistenței generale și locale a corpului navei LPG 100000 m^3..... 107
CAPITOLUL 5 Verificarea consistenței modelelor 1D/3D – FEM ale navei LPG 100000 m^3 prin analiza stabilității structurale şi a momentului ultim..... 109
5.1 Verificarea consistenței modelului 3D-FEM, pentru zona compartimentelor de marfă, pe baza criteriului la pierderea stabilității structurale..... 109
5.2 Verificarea consistenței modelului structural, pe baza criteriului momentului ultim aplicat secțiunilor transversale dimensionate conform normelor navale..... 114
5.3 Concluzii privind analiza stabilității structurale şi a rezistenței ultime..... 116
CAPITOLUL 6 Analiza numerică a răspunsului dinamic structural pe termen scurt pentru nava LPG 100000 m^3 cu solicitări din valuri aleatoare extreme..... 117
6.1 Analiza oscilațiilor navei LPG 100000 m^3 și verificarea criteriilor limită ale dinamicii navei în valuri aleatoare..... 117
6.1.1 Analiza răspunsului dinamic la oscilațiile corpului navei pe termen scurt..... 117
6.1.2 Concluzii privind analiza pe termen scurt a oscilațiilor navei (seakeeping)..... 124
6.2 Analiza numerică liniară și neliniară a răspunsului dinamic hidroelastic al corpului navei LPG 100000 m^3 în valuri aleatoare pe termen scurt..... 128
6.2.1 Analiza numerică liniară şi neliniară a răspunsului dinamic hidroelastic al corpului navei LPG 100000 m^3 în cazul de plină încărcare..... 132
6.2.2 Analiza numerică liniară şi neliniară a răspunsului dinamic hidroelastic al corpului navei LPG 100000 m^3 în cazul de balast..... 141
6.2.3 Verificarea criteriului de rezistență generală în raport cu limita de curgere a materialului pentru starea de tensiuni în corpul navei LPG 100000 m^3 la analiza dinamică hidroelastică..... 151
6.3 Validarea procedurii de analiză numerică a răspunsului dinamic hidroelastic neliniar, pe baza unui model experimental de test (benchmark)..... 152
6.3.1 Modelul experimental și numeric pentru nava de test..... 152
6.3.2 Analiza numerică a răspunsului hidroelastic pentru nava de test..... 154
6.3.3 Validarea modelului teoretic hidroelastic neliniar pe baza datelor experimentale..... 157
6.4 Concluzii privind analiza răspunsului dinamic hidroelastic al corpului navei LPG 100000 m^3 pe termen scurt..... 160
CAPITOLUL 7 Analiza numerică a răspunsului dinamic structural pe termen lung pentru nava LPG 100000 m^3 şi evaluarea rezistenței la oboseală..... 162

7.1. Modelul 3D-FEM extins pe cele 4 magazii de marfă pentru nava LPG 100000 m^3. Determinarea concentratorilor de tensiune..... 162
7.2. Analiza răspunsului structural pe termen lung la oboseală, prin metoda factorului cumulativ de deteriorare, pentru nava LPG 100000 m^3..... 165
7.2.1 Analiza la oboseală în cazul solicitărilor dinamice numai din oscilații..... 165
7.2.2 Analiza la oboseală în cazul solicitărilor dinamice hidroelastice (oscilații și vibrații)..... 187
7.3 Sinteze și concluzii la analiza rezistenței la oboseală. Estimarea duratei de exploatare a structurii corpului navei LPG 100000 m^3 în condiții de siguranță..... 204
CAPITOLUL 8 Concluzii finale..... 210
BIBLIOGRAFIE..... 215
ANEXA 1 Evaluarea preliminară a rezistenței tancurilor de marfă tip B structural independente, pentru nava tanc tip LPG 100000 m^3..... 225
ANEXA 2 Codurile program pentru automatizarea procedurilor de analiză structurală, pre și post procesare, pe modele 3D-FEM complet extinse pe lungimea corpului navei, implementate ca macro-command files în programul SolidWorks Cosmos/M..... 231
Anexa 2.1 Proceduri pentru asignarea punctelor la noduri..... 231
Anexa 2.2 Proceduri pentru citirea distribuției maselor corpului navei..... 231
Anexa 2.3 Proceduri de analiză și de echilibrare în plan vertical a sistemului navă – val echivalent cvasi – static, pentru modelele 3D – FEM complet extinse pe lungimea corpului navei..... 232
Anexa 2.4 Procedurile pentru prelucrarea tensiunilor pentru modelele 3D - FEM..... 234
Anexa 2.5 Coduri program pentru analiza pe termen scurt a răspunsului dinamic la oscilații pentru spectrele de val ISSC, ITTC, Pierson – Moskowitz, JONSWAP..... 238
ANEXA 3 Caracteristicile hidrostatice ale corpului navei tanc tip LPG 100000 m^3... 255
Anexa 3.1 Fișierele cu date de intrare pentru modelul 1D – grindă echivalentă..... 255
Anexa 3.2 Diagrama de carene drepte..... 257
Anexa 3.3 Diagrama Bonjean (a ariilor transversale)..... 257
ANEXA 4 Rezultatele numerice la analiza rezistenței generale folosind modele 3D – FEM pentru nava tanc tip LPG 100000 m^3 258
Anexa 4.1 Plină încărcare (hogging și sagging)..... 259
Anexa 4.2 Balast (hogging și sagging)..... 285
ANEXA 5 Rezultate numerice la analiza oscilațiilor navei (seakeeping). Diagramele polare limitative ale condițiilor de navigație pentru nava tanc tip LPG 100000 m^3.... 310
Anexa 5.1 În cazul de plină încărcare..... 311
Anexa 5.2 În cazul de balast..... 320
ANEXA 6 - Rezultate numerice la analiza răspunsului dinamic pe termen scurt al corpului navei în valuri extreme aleatoare, în ipoteze teoriei hidroelasticității liniare și neliniare pentru nava tanc tip LPG 100000 m^3..... 329
Anexa 6.1 În cazul de plină încărcare..... 330
Anexa 6.2 În cazul de balast..... 345