

UDK: 532.5:629.122.5 057.8\*372.865.661(075.03)  
372.862.772(075.3)

## **SIMULACIJA RADA BRODSKOG PROPULZIJSKOG SUSTAVA SA SPOROHODNIM DIZELSKIM MOTOROM U OTEŽANIM UVJETIMA SIMULATION OF PERFORMANCE OF THE SHIP PROPULSION SYSTEM WITH SLOW SPEED DIESEL ENGINE IN AGGRIVATED CONDITIONS**

**Nikola RAČIĆ**

**Sažetak:** Sigurnost broda u teškim uvjetima plovidbe, kao što su nevjrieme na moru i manevar broda, ovisi o pouzdanosti rada brodskog pogonskog postrojenja. Cilj ovog rada je iznaći matematički opis i numerički model procesa brodskog propulzijskog dizelskog motora, koji će omogućiti prognozu ustaljenih i dinamičkih uvjeta rada još u fazi projekta. Unutar rada prikazan je matematički model na osnovu kojeg je izrađen računalno-simulacijski model brodskog propulzijskog dizelskog motora. Model je primijenjen za analizu stacionarnih i dinamičkih uvjeta rada, sporohodnog propulzijskog dizelskog motora s prednabijanjem i vijčanog propulzora s nepomičnim krilima. Posebno je ispitana stabilnost i raspoloživost u otežanim uvjetima rada, kao što je smanjenje opterećenja na nekom od cilindara ili poteškoće u radu sustava ispiranja i prednabijanja cilindara. Analizom rezultata utvrđene su krajnje granice utjecajnih značajki, određena su sigurna pogonska stanja, posebno sustava regulacije brzine vrtnje i sustava turbopuhala. Analize i model mogu poslužiti, za pronalaženje poboljšanja konstrukcijskih značajki, i za ekspertne sustave upravljanja, čije baze podataka sadrže i stanja sustava u kvaru ili se kvar predviđa. Cilj baze podataka je unaprijed analizirati različita stanja sustava i ponuditi optimalne uvjete rada kako bi se preduhitrili neželjeni događaji.

**Ključne riječi:**

- dizelski motor
- propulzija broda
- simulacija
- otežani uvjeti

**Summary:** The safety of a ship in difficult sailing conditions, such as rough weather and maneuvering, depends on the reliability of the ship's propulsion unit. This paper aims to find a mathematical description and a numerical model for the ship propulsion diesel engine in process, which will ensure a prognosis of both static and dynamic operating conditions while still under project. The paper elaborates a mathematical model forming the basis for a computer-simulated model for the diesel propulsion engine. The model is applied in the analysis of the static and dynamic operating conditions of the turbo-charged slow-speed diesel propulsion engine and the fixed blade propeller. Special attention has been paid to examining the stability and availability under aggravated operating conditions such as load reducing in some of the cylinders or difficulties in scavenging and turbo charging system. The analysis of the results has established ultimate limits of affecting features and has defined safe operating conditions, in particular those of the regulation of the speed and turbo charging system. The analyses and the model can be used in finding better construction characteristics and in expert operating systems, whose data bases show situations when the system is out of order or the failure is anticipated. The purpose of the database is to analyse different conditions of the system beforehand and to offer optimal operating conditions in order to prevent unwanted occurrences.

**Key words:**

- diesel engine
- ship's propulsion
- simulation
- aggravated conditions

Mentor: Red. prof. dr. sc. Vladimir Medica

Datum obrane / Presentation: 10. listopada 2008. / October 10, 2008

UDK: 536.75:621.436

**TERMODINAMIČKA ANALIZA PROCESA IZGARANJA  
U DIZELSKOM MOTORU  
THERMODYNAMIC ANALYSIS OF DIESEL ENGINE  
COMBUSTION PROCESS**

**Maro JELIĆ**

**Sažetak:** U ovom radu razmatran je novi model analize radne sposobnosti radnog medija tijekom procesa izgaranja u cilindru dizelskog motora. Model sadrži metodu rastavljanja termodinamičkog procesa izgaranja koja se svodi na zamjenu jednog realnog procesa s njemu dva potpuno jednaka fiktivna procesa, a ovi fiktivni procesi jednaki su realnom procesu po tome što se zbiva ista promjena radne tvari uz istu promjenu vanjskih utjecaja. Cilj novoga modela je otkrivanje mjesta i uzroka destrukcije radne sposobnosti radnog medija da bi se stvorile mogućnosti otklanjanja takvih destrukcija i povećanja efikasnosti termodinamičkog procesa izgaranja. Nova metoda koja je razvijena također daje i proračun svih termodinamičkih veličina stanja uključujući i entropiju, te na osnovu ovih podataka i uvedene metode analize rastavljanjem, dobivaju se vrijednosti realnog indiciranog rada i gubitaka koje uzrokuje nepovrativost procesa izgaranja. Razvijeni simulacijski program koji je predstavljen u ovome radu može se koristiti za optimizaciju dizelskih motora a i za daljnju nadogradnju i daljnje istraživanje termodinamičkog procesa izgaranja u svrhu povećanja efikasnosti i smanjenja potroška pogonskog goriva.

**Ključne riječi:**

- dizelski motor
- izgaranje
- entropija
- radna sposobnost

**Summary:** This thesis deals with a new method of working fluid availability analysis during combustion process in cylinder of compression ignition engine. The model contains a new decomposition method of thermodynamic combustion process which is based on substitute of one realistic process with two identical imaginary processes. These two imaginary processes are completely identical to realistic one because they are described by the same change of working fluid and external influences. The new model, developed in this thesis, is able to detect an exact positions of working fluid availability destruction, providing a new possibilities to prevent such destructions and to increase efficiency of thermodynamic combustion process.

There is also possibility, using this method, to calculate all thermodynamic values including entropy, and based on this possibility and on introduced decomposition method analysis, realistic indicated work values can be obtained. Also availability destruction can be detected, which is caused by irreversibility in combustion process. Computer simulation program, developed in this thesis, can be used for compression ignition engines optimization and for further development and research of thermodynamic combustion process.

**Key words:**

- diesel engine
- combustion
- entrophy
- availability

Mentor: Red. prof. dr. sc. Vladimir Medica

Datum obrane / Presentation: 15. listopada 2008. / October 15, 2008

UDK 621.833.15:539.389:004.421:519.6:519.876.5(043)

## OŠTEĆENJE KORIJENA ZUBA ZUPČANIKA ZBOG NISKOCIKLIČNOG ZAMORA MATERIJALA GEAR TOOTH ROOT DAMAGE DUE TO LOW-CYCLE FATIGUE

Marina FRANULOVIĆ

**Sažetak:** *Kratkotrajna vršna opterećenja zupčanika u zahvatu uzrok su pojave i akumulacije oštećenja u korijenu zuba, odnosno niskocikličnog zamora materijala. Za karakterizaciju ponašanja materijala pri niskocikličnom zamoru u radu odabran je takav materijalni model kojim se uzima u obzir izotropno i kinematsko očvršćivanje i/ili oslabljivanje materijala te pojava i razvoj oštećenja u materijalu. Budući da se radi o materijalnom modelu koji je izrazito nelinearan, u cilju ostvarenja optimalnih vrijednosti parametara ponašanja materijala razvijen je automatizirani sustav koji se temelji na modernim numeričkim metodama, između ostalih genetski algoritam. Simulacijom odziva materijala pri cikličnom opterećenju i usporedbom s eksperimentalnim vrijednostima naprezanja i deformacija kalibrirani su parametri ponašanja materijala konačnog elementa. Metodom konačnih elemenata je uz primjenu kalibriranih parametara ponašanja materijala diskretiziran model zuba zupčanika. Analizom odziva materijala u korijenu zuba zupčanika pri cikličnom opterećenju te analizom pojave i razvoja oštećenja utvrđene su granice opteretivosti zupčanika obzirom na niskociklični zamor materijala te je dana procjena njihovog životnog vijeka.*

**Ključne riječi:**

|                                  |                       |
|----------------------------------|-----------------------|
| - zupčanik                       | - niskociklični zamor |
| - korijen zuba                   | - životni vijek       |
| - parametri ponašanja materijala | - genetski algoritam  |
| - simulacija odziva materijala   |                       |

**Summary:** *Short-time overloads in meshing gears cause low-cycle fatigue damage in the material, which means nucleation and accumulation of damage in gear tooth root. In this work the material behavior in low-cycle fatigue regime is characterized by material model that in addition to isotropic and kinematic hardening and/or softening includes also damage occurrence and accumulation. Since the material model is highly non-linear, the automated system for optimal material parameter identification is developed, based on modern numerical methods, among others genetic algorithm. The material parameters are calibrated within the finite element by simulating material response under cyclic loading and comparing results with the experimental stress and strain data. The gear tooth is discretized by using finite element method with elements that have integrated calibrated material parameters. The material response in tooth root under cyclic loading and occurrence and evolution of damage are analyzed to establish the load boundaries of gears with regard to low-cycle fatigue and its service life estimation.*

**Key words:**

|                                |                     |
|--------------------------------|---------------------|
| - gear                         | - low-cycle fatigue |
| - tooth root                   | - service life      |
| - material parameters          | - genetic algorithm |
| - material response simulation |                     |

Mentor: Prof. dr. sc. Ivan Prebil / Prof. Dr. Sc. Ivan Prebil

Komentor: Prof. dr. sc. Božidar Križan / Prof. Dr. Sc. Božidar Križan

Datum obrane / Presentation: 05. prosinca 2008. / December 05, 2008

