

VII MEĐUNARODNI NAUČNO-STRUČNI SKUP  
O DOSTIGNUĆIMA ELEKTRO I MAŠINSKE  
INDUSTRIJE

BANJALUKA  
DEMI  
2005

27. i 28. maj 2005. god.

7th INTERNATIONAL CONFERENCE ON  
ACCOMPLISHMENTS OF ELECTRICAL  
AND MECHANICAL INDUSTRIES

ZBORNIK RADOVA 7. MEĐUNARODNOG NAUČNO-STRUČNOG  
SKUPA O DOSTIGNUĆIMA ELEKTRO I MAŠINSKE INDUSTRIJE

PROCEEDINGS OF THE 7<sup>th</sup> INTERNATIONAL CONFERENCE ON  
ACCOMPLISHMENTS OF ELECTRICAL AND MECHANICAL  
INDUSTRIES

Izdavač  
Publisher

MAŠINSKI FAKULTET BANJALUKA

Urednik  
Editor

Dr Miroslav Rogić, van. prof.

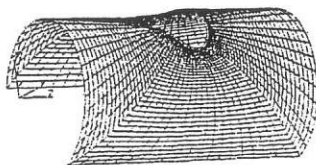
Tehnička obrada i dizajn  
Technical treatment and design

Biljana Prochaska, dipl. ing. maš.

Štampa -GRAFOPAPIR- Banja Luka  
za štampu Petar Vukelić graf. ing.

Tiraž  
Circulation

150 primjeraka



Sl.6 Deformisano stanje rezervoara na mestu priključka

### 6.1 Analiza stabilnosti elemenata noseće strukture

Površinski elementi koji su izloženi pritisku ili smicanju trebaju da zadovolje love stabilnosti. Stabilnost elemenata omotača (plašta) proverava se na površini ista između uški. Dimenzije su:  $h=1.0$  cm - debljina plašta,  $a=430.0$  cm - dužina lja,  $b=33.5$  cm - širina polja.

Kritični naponi se dobijeni izrazima:

$$\sigma_{kr} = K_{\sigma} \cdot E \cdot \left(\frac{s}{b}\right)^2 \quad \text{i} \quad \tau_{kr} = K_{\tau} \cdot E \cdot \left(\frac{s}{b}\right)^2 \quad (1)$$

Za odnos  $b/a=33.5/430.0=0.078$  koeficijenti konturnih uslova za slučaj ještenih ivica polja plašta iznose  $K_{\sigma}=3.8$  i  $K_{\tau}=8$ , pa su kritični naponi;

$$\sigma_{kr} = 3.8 \cdot 210000 \cdot \left(\frac{1.0}{33.5}\right)^2 = 711.1 \cdot MPa$$

$$\tau_{kr} = 8 \cdot 210000 \cdot \left(\frac{1.0}{33.5}\right)^2 = 1497.0 \cdot MPa$$

Ovi naponi dokazuju da u delovima plašta koji su izloženi naponima pritiska ili smicanja zbog nižih vrednosti od kritičnih ne može doći do gubitka stabilnosti.

## 7. ZAKLJUČAK

Na osnovu rezultata i analiza naponskog i deformacionog stanja, može se ustanoviti da se naponi i deformacije nalaze u granicama dozvoljenih. Analizom stabilnosti je utvrđeno da se u datim režimima opterećenja ne može izgubiti stabilnost.

Naponi u elementima ploča su znatno ispod dozvoljenih, osim u zoni ključaka U,X gde se približavaju dozvoljenoj granici za predviđenu vrstu materijala, za veću sigurnost potrebno je izvršiti ojačavanje rezervoara u tim zonama.

Ovim primerom proračuna je prikazan novi i opšti pristup nove regulative i tehničkom usaglašavanju opreme pod pritiskom (Pressure Equipment Directive – PED), koji se odnose na integritet konstrukcija, tj. na osnovne zahteve sigurnosti, proračuna i projektovanja.

## LITERATURA

- 1) Direktiva za opremu pod pritiskom 97/23/EC (PED) sa priložima
- 2) Standardi i propisi vezani za proračun, izradu i eksploataciju posuda pod pritiskom
- 3) Taško Maneski : KOMPJUTERSKO MODELIRANJE I PRORAČUN STRUKTURA, monografija, Mašinski fakultet, Beograd, 1998.

## PROCENA INTEGRITETA ZAVARENIH SPOJEVA PROCEDUROM JWES 2805

Vujadin Aleksić<sup>1</sup>, Aleksandar Sedmak<sup>2</sup>, Miodrag Arsić<sup>1</sup>

**Rezime:** U radu je analizirana inženjerska metoda JWES 2805 i mogućnost njene primene na zavarene spojeve, imajući u vidu specifičnost zavarenih spojeva, a sve sa ciljem dobijanja dovoljno tačne i jednostavne inženjerske procedure za određivanje sile rasta prsline (SRP) u zavarenim spojevima u kojima su prisutni zaostali naponi i koncentracija napona.

**Ključne riječi:** procedura JWES 2805, zavareni spoj, sila razvoja prsline (SRP)

### ASSESSMENT INTEGRITY OF WELDED JOINTS USING JWES 2805 PROCEDURE

**Abstract:** Engineering method JWES 2805 and the possibility of her application to welded joints, having in mind their properties, are analyzed in the paper, with the aim to get sufficiently accurate and simple engineering procedure for determination of crack driving force in welded joints in which residual stresses and stress concentration are presented.

**Keywords:** JWES 2805 procedure, welded joint, crack driving force (CDF)

## 1. UVOD

U cilju potrebe za produženjem života konstrukcije, koristeći princip tolerancije štete baziran na načelima mehanike loma, na raspolaganju su nam veći broj postupaka procene integriteta konstrukcije koji ilustruju pogodnost za upotrebu elemenata koji prenose opterećenja, a sadrže grešku tipa prsline. Poseban značaj u primeni mehanike loma imaju zavareni spojevi, kod kojih se ne može isključiti mogućnost postojanja ili nastajanja takvih grešaka. Analiza ponašanja zavarenih spojeva sa prslinama je od ključnog značaja za njihovu sigurnu eksploataciju. Bitan aspekt te analize je određivanje SRP, koja mora obuhvatiti specifičnosti zavarenih spojeva: zaostale napone i koncentraciju napona (geometrijske nepravilnosti).

## 2. ANALIZA UTICAJA NA PROCENU INTEGRITETA ZAVAREOG SPOJA

Pri analizi uticajnih faktora na procenu integriteta zavarenog spoja primenom principa mehanike loma treba obratiti pažnju na sledeće faktore:

<sup>1</sup> Mr Vujadin Aleksić, dr Miodrag Arsić, Beograd, Institut za ispitivanje materijala - IMS,

<sup>2</sup> Prof. dr Aleksandar Sedmak, Beograd, Ministarstvo za nauku i zaštitu životne sredine,  
vujadin.aleksic@institutims.co.yu, miodrag.arsic@institutims.co.yu, aleksandar.sedmak@mnr.gov.yu

- Uticaj ograničenih mogućnosti otkrivanja prslina i drugih grešaka u zavarenom spoju (ograničene mogućnosti metoda ispitivanja bez razaranja),
- Uticaj heterogenosti zavarenog spoja (osnovne definicije parametara mehanike loma odnose se na homogeni materijal),
- Uticaj zaostalih napona od zavarivanja i
- Uticaj geometrijske nepravilnosti kod zavarenog spoja.

Zbog toga u kriterijum loma izražen preko  $\delta=CTOD$  (Crack Tip Opening displacement), otvaranje vrha prsline, treba uključiti uticaj zaostalih napona od varivanja i uticaj koncentracije napona kod zavarenog spoja, čime se dobija:

$$\delta_{app}(\sigma, a) + \delta_{RS} + \delta_{SC} \leq \delta_{IC}$$

gde je

- $\delta_{app}(\sigma, a)$  - otvaranje vrha prsline usled delovanja udaljenog napona  $\sigma$ ,
- $\delta_{RS}$  - otvaranje vrha prsline usled zaostalih napona od zavarivanja,
- $\delta_{SC}$  - otvaranje vrha prsline usled delovanja koncentracije napona i kritično otvaranje vrha prsline.

vedeni članovi u opštem slučaju mogu biti sa pozitivnim ili negativnim znakom.

Između  $J$  integrala i otvaranja vrha prsline uspostavljena je Parksova zavisnost blizu  $J = \delta \cdot R_{eH} \cdot m$ , gde je:  $\delta$  - ukupno otvaranje vrha prsline,  $R_{eH}$  - napon tečenja materijala i  $m$  - konstanta zavisna od geometrije deformacionog polja ( $m=1 \div 2.6$ ).

### 3. INŽENJERSKE METODE PROCENE PARAMETARA MEHANIKE LOMA

Inženjerske metode mehanike loma mogu se podeliti u dve grupe:

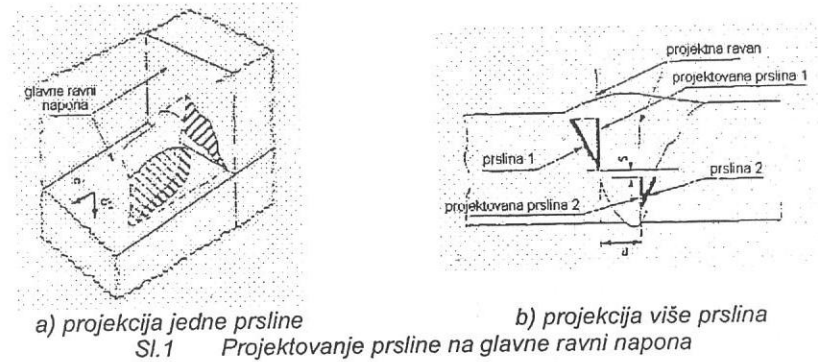
prva grupa se odnosi na metode koje se zasnivaju na analitičko-numeričkim izrazima npr. Kingova metoda proračuna elasto-plastičnih parametara za površinske prsline u zategnutim pločama, i Ratvani-Erdogan-Irvinova (REI) metoda proračuna elasto-plastičnih parametara za površinske prsline u tankim ljuskama),

druga grupa se odnosi na metode koje se zasnivaju na eksperimentalnim rezultatima, kao što je CTOD projektna kriva, ETM, hibridna metoda SINTAP, kao i metoda JWES 2805.

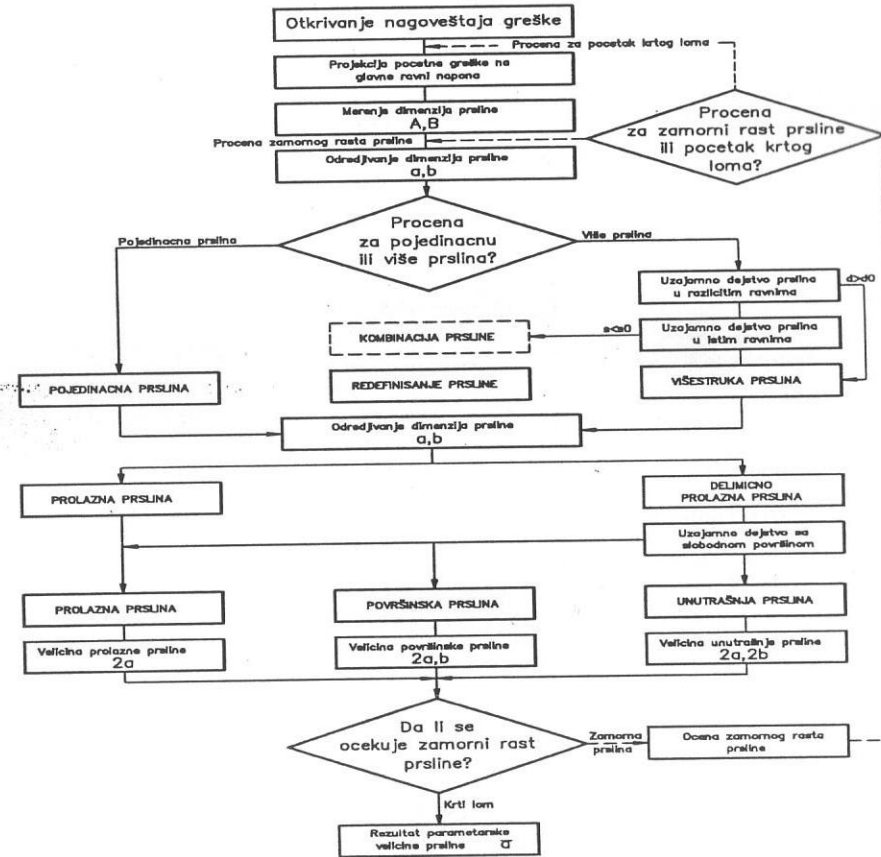
### 4. PROCENA ZAVARENOG SPOJA PROCEDUROM JWES 2805

Osnovni principi procene u proceduri JWES 2805 (Japan Welding Engineering Society Standard) se svode na određivanje ekvivalentne dužine prsline, primenu stvenih izraza za proračun CTOD u elastičnoj i plastičnoj oblasti, i mogućnost izračunavanja zaostalih i geometrijskih napona. Ovom procedurom su obuhvaćene sledećih 6 vrsta grešaka u zavaru: prslina, nedovoljno vezivanje, neprovar, zajed, uključak, i ostalo.

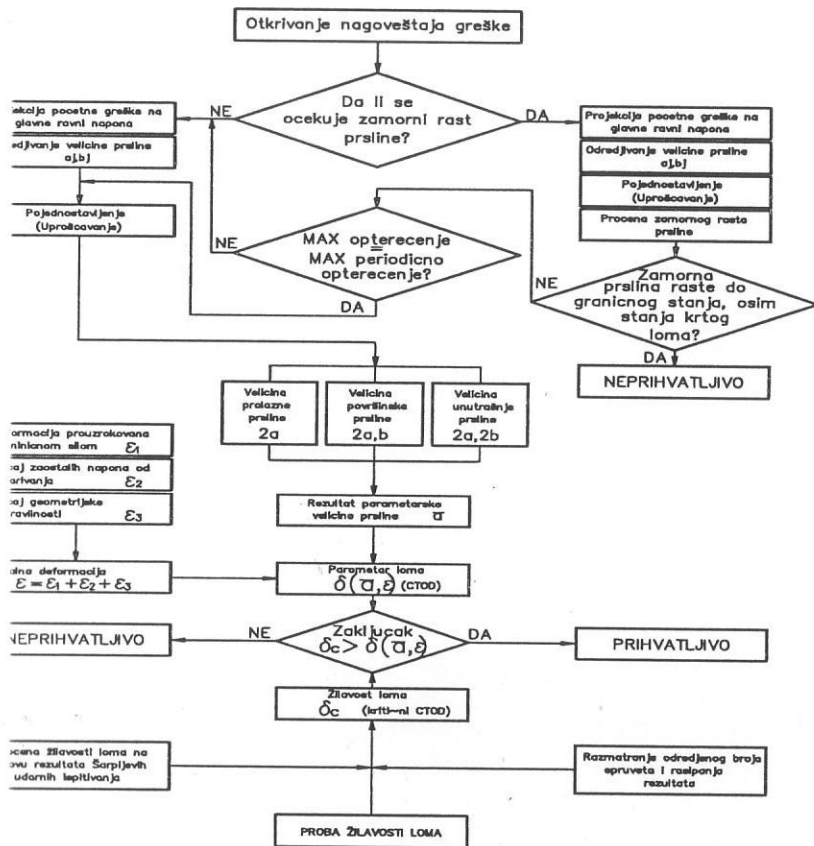
Prolazne, površinske i unutrašnje greške tipa prsline otkrivene ispitivanjem bez razaranja (IBR) treba projektovati na glavne ravni napona i izmeriti, sl. 1. Greške se izražavaju za najnepovoljniju kombinaciju veličine projektovane prsline i intenziteta napona, prema algoritmima za određivanje ekvivalentne dužine prsline i ocenu prsline izraženim na sl. 2 i 3.



Sl.1 Projektovanje prsline na glavne ravni napona



Sl.2 Procedura za uprošćavanje i određivanje dimenzija prsline



SI.3 Procedura za ocenu prsline

Za procenu je važno odrediti ekvivalentnu dužinu prsline  $\bar{A}$  čija vrednost zavisi od tipa prsline. Za prolaznu prslinu vrednost  $\bar{A}=a$ , gde je  $a$  - poludužina prsline, a za površinsku i unutrašnju prslinu vrednost  $\bar{A}=bF_t^2$ , gde je  $b$  - dubina prsline, a  $F_t$  - faktor koji zavisi od  $a, b$  i  $t$  (debljine materijala), a određuje se izrazima u zavisnosti od tipa prsline (površinska ili unutrašnja) i odnosa  $b/2a$ .

Jednačine za proračun  $\delta$  (CTOD) izražene preko lokalne deformacije  $\epsilon$  i napona  $\sigma$  izazvane naponom tečenja  $\epsilon_{eH}$  su:

$$\delta = \epsilon_{eH} \bar{A} \cdot (\pi/2) \cdot (\epsilon/\epsilon_{eH})^2 \quad \text{za } \epsilon/\epsilon_{eH} \leq 1$$

$$\delta = \epsilon_{eH} \bar{A} \cdot (\pi/8) \cdot (9\epsilon/\epsilon_{eH} - 5) \quad \text{za } \epsilon/\epsilon_{eH} > 1$$

gde je  $\epsilon$  - lokalna deformacija se izražava kao zbir deformacija:

$$\epsilon = \epsilon_1 + \epsilon_2 + \epsilon_3, \text{ gde je}$$

$\epsilon_1$  - deformacija usled delovanja udaljenog napona  $\sigma$ ,

$\epsilon_2$  - deformacija nastala delovanjem zaostalih napona od zavarivanja i

$\epsilon_3$  - deformacija nastala delovanjem koncentracije napona.

Deformacije od zaostalih napona se uvode u proračun pomoću koeficijenta  $\alpha_R$ , čije su vrednosti prikazane u tabeli 1, na sledeći način:  $\epsilon_2 = \alpha_R \epsilon_Y$

Tabela 1. Vrednosti koeficijenta  $\alpha_R$  u zavisnosti od tipa prsline

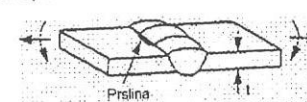
Tip prsline	Sučeoni i ugaoni spoj	
	Prsline paralelna liniji zav.	Prsline normalna na liniju zav.
PROLAZNA PRSLINA	0.0	0.6
UNUTRAŠNJA PRSLINA	0.0	0.6
POVRŠINSKA PRSLINA	0.2	0.6

Osnovni izraz, kojim se koncentracija napona uzima u obzir, je sledeći:  $\epsilon_3 = (K_t - 1) \epsilon_1$ . Jednačine za određivanje faktora koncentracije napona  $K_t$  za dva najčešća slučaja kod sučeonih zavarenih spojeva; nadvišenje šava (sl.4a) i ugaono zakretanje zavarenih ploča (sl.4b) su:

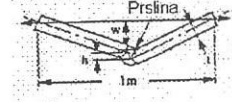
$$K_t = 1,5 \quad \text{za } b \leq 0,15 \cdot t, \quad K_t = 1 \quad \text{za } b > 0,15 \cdot t \quad (\text{nadvišenje šava, sl.4a})$$

$$K_t = 1 + 3(w+h)/t \quad \text{za } b \leq 0,5 \cdot t, \quad K_t = 1 + 3(w+h)/2t \quad \text{za } b > 0,5 \cdot t \quad (\text{ugaono zakretanje, sl.4b})$$

gde je  $b$  - dubina prsline u slučaju površinske prsline. Ostali slučajevi koncentracije napona za površinsku, unutrašnju i prolaznu prslinu, uključujući ugaone zavarene spojeve, dati su u /1/.



a) nadvišenje šava



b) ugaono zakretanje

SI.4 Koncentracija napona u sučeonim spojevima

Treba naglasiti da su jednačine koje se koriste za proračun CTOD kvantitativno različite od jednačina drugih metoda zasnovanih na eksperimentalnim rezultatima (CTOD projektna kriva, EFAM ETM-MM96, BSI PD6493) i da daju znatno manje vrednosti za CTOD.

## 5. PROGRAM JWES

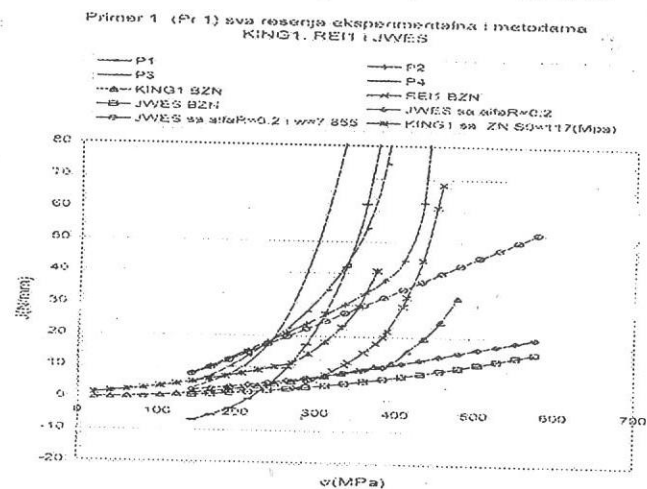
Na osnovu teorijskih razmatranja napravljen je program JWES koji modularno tretira: PROLAZNE, POVRŠINSKE I UNUTRAŠNJE prsline i omogućava proračun sile rasta prsline za različito opterećenje  $\sigma$  i različite dubine prsline  $b$ , sa mogućnošću uzimanja u obzir delovanja zaostalih napona preko koeficijenta  $\alpha_R$ , kao i ugaonog zakretanja definisanog sa  $w$  i  $h/2t$ .

U ulaznu datoteku JWESU.DAT upisuju se: MEHANIČKE KARAKTERISTIKE MATERIJALA (za sva tri modula zajedničke) i GEOMETRIJA PLOČE I PRSLINE (u zavisnosti koji se modul koristi). U svakom modulu postoji mogućnost unosa parametara kojima se uključuju zaostali i geometrijski naponi od zavarivanja.

Program izračunava sile rasta prsline za različite dubine prsline i napone. Izlazni rezultati su pogodni za obradu u EXCELU i pravljenje odgovarajućih dijagrama, a tako su prilagođeni da je moguće direktno poređenje sa rezultatima dobijenim eksperimentalno ili drugim metodama. Dobijeni rezultati se porede u cilju donošenja odluke o upotrebi.

Program JWES je proveren na primerima posuda pod pritiskom i pločastih epruveta sa prslinama u zavarenom spoju /2/

Radi ilustracije na sl. 5 je data uporedna analiza rezultata dobijenih imentalno /3/, metodama KING i REI i procedurom JWES 2805. Dubina prsline razmatranim zavarenim spojevima je 9 mm, odnosno  $b/t=0.45$ .



Uporedna analiza eksperimentalnih i rešenja dobijenih inženjerskim metodama i procedurom JWES 2805

## ZAKLJUČAK

Zbog smanjenja mase konstrukcija izrađenih zavarivanjem, mostovi, posude tiskom, vagoni, cisterne, uvođenjem novih materijala veće čvrstoće, a znajući takve konstrukcije u eksploataciji izložene raznim vidovima opterećenja pri se mogu očekivati lomovi (krti, kvazi-krti, zamorni...) u zoni zavara, javlja se za detaljnijim ispitivanjem ugrađenih materijala u konstrukciju i njenih spojeva. Takva su ispitivanja veoma skupa, pa je potrebno napraviti standardnu proceduru koja će na osnovu mehaničkih karakteristika i geometrije otkrivenih grešaka (prslina) u materijalu i zavarenom spoju, dati ovor o pouzdanosti i nosivosti ugrađenog materijala.

Takva procedura bi mogla da se napravi od modela opisanog u ovom radu jer jednostavna za primenu.

## LITERATURA

1. Welding Engineering Society Standard; "Method of Assessment for Flaws in Welded Joints with respect to Brittle Fracture and Fatigue Crack Growth"; 2805, 1997

2. Aleksić, "Primena inženjerskih metoda za određivanje sila rasta prslina u završenim spojevima sa zaostalim naponima i geometrijskim nepravilnostima" starska teza, Mašinski fakultet, Beograd, 1999.

3. Čiziev: "Zaostali naponi od zavarivanja - uticaj na ponašanje posuda pod pritiskom sa prslinom"; VI Letnja škola mehanike loma, Vrdnik, 1991.



## FRAME DESIGN AND SIMULATION USING ANALYSIS AND SCICOS

Gillich Gilbert-Rainer<sup>1</sup>, Chioncel Cristian Paul<sup>2</sup>, Anghel Cornelia Victoria<sup>3</sup>

**Summary:** Modeling and then simulation of behavior of technical systems is an important issue for engineers. Often expensive software is used, but it is also cheap or free software that works with similar results. For didactical activities the use of free software is indicated from financial point of view considering that the principles can be understood even if the results are not guaranteed. After realizing a lot of applications, and by comparison of results obtained through different methods, the software can be validated. The paper presents two examples of using free software, one for static analysis and one for simulation of dynamical behavior. Evaluation of results and conclusions are given in the end of the paper.

**Key words:** model, simulation, software, trusses, frames, oscillation, vibration

## BALKEN DESIGN UND SIMULATION MIT ANALYSIS UND SCICOS

**Kurzverfassung:** Modelle Bilden und Simulieren des Benehmens von Technischen Systeme ist eine wichtige Aufgabe des Ingenieurs. Oft wird teures Software eingesetzt, aber es gibt auch billiges oder gar kostenloses Software das auch entsprechend funktioniert. Für didaktische Tätigkeiten ist es aus ökonomischen Gründen vorzuziehen kostenloses Software zu benutzen denn Prinzipien werden verstanden auch wenn die Resultate oft nicht ganz genau sind. Wenn man viele Beispiele durcharbeitet und die Resultate die man mit verschiedene Methoden erhalten vergleicht, kann man die Genauigkeit des Softwarepakets feststellen und die Software beurteilen. Die Arbeit präsentiert zwei Beispiele, einen für statisch Analyse und einen für dynamisch Simulation. Im Schluß sind Bemerkungen und Schlußfolgerungen zu finden.

**Schlüsselwörter:** Modell, Simulieren, Software, Balken, Schwingungen

## 1. INTRODUCTION

Systems are often complex and it is not easy to anticipate their behavior, neither stoical nor dynamical. Structures like trusses are generally used in civil engineering, in works like roof supports, bridges, etc. They are made up of three or more members, with each member designed to carry a tension or compression force. The entire structure in turn acts as a beam. Frames permit also bending and torsion moments, which trusses do not support [1].

<sup>1</sup> Asoc. Prof. Dr. Eng. , Gillich Gilbert-Rainer, Resita - Romania, "Eftimie Murgu" University, raini@uem.ro

<sup>2</sup> Assistant. Eng. , Chioncel Cristian Paul, Resita, "Eftimie Murgu" University, c.chioncel@uem.ro

<sup>3</sup> Lecturer Dr. Eng. , Anghel Cornelia Victoria, Resita, "Eftimie Murgu" University, c.anghel@uem.ro