



ООО АДЕКО

MAŠINSKI FAKULTET BANJALUKA
ASOCIJACIJA ZA DIZAJN, ELEMENTE I KONSTRUKCIJE
NAUČNO-STRUČNI SKUP

I R M E S '06

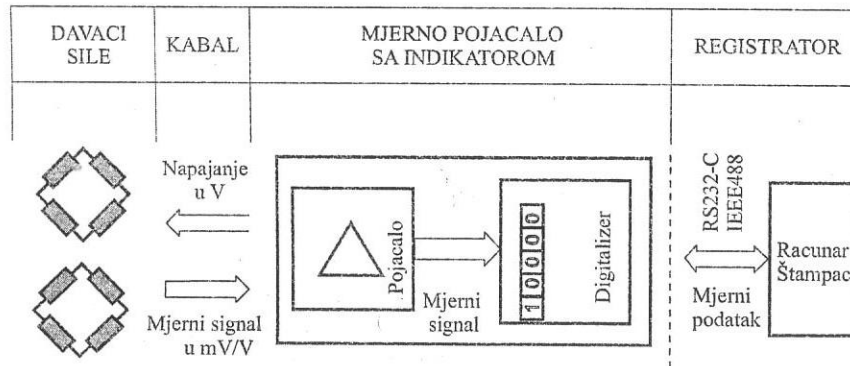
ISTRAŽIVANJE I RAZVOJ MAŠINSKIH ELEMENATA I SISTEMA
Banjaluka, 21. i 22. septembar 2006. godine

ZBORNİK RADOVA

PROCEEDINGS

UNIVERZITET U BANJALUCI
MAŠINSKI FAKULTET
BANJALUKA

ADEKO – ASOCIJACIJA ZA DIZAJN, ELEMENTE I KONSTRUKCIJE



Sl. 7. Shema mjernog lanca za određivanje sile u tački dodira točak-šina

Korišćeno je potpuno digitalno pojačalo (MGC sistem) tipa UPM100 proizvodnje HBM. Upotrebom modifikovane tzv. Kreuzer-ove veze eliminišu se svi uticaji kabla dužine do 500 m, a kompenzacionom trakom se eliminiše uticaj promjene temperature. Registrovanje mjernih podataka može se vršiti na digitalnom displeju, internom D20 štampaču ili se pojačalo preko standardnih priključaka RS 232 ili IEEE 488 povezuje sa računarem. Očitane vrijednosti se mogu prikazivati u fizičkim jedinicama uz mogućnost zadavanja naziva izmjerenoj veličini.

Za obradu i prikaz rezultata mjerenja korišćen je računar Mechintosh II uz pomoć softvera BEAM 2.0.

4. ZAKLJUČAK

Praćenje i održavanje opterećenja u dozvoljenim granicama u tački dodira točak-šina u neopterećenom, kao i u opterećenom stanju, bitan je uslov za dinamičku stabilnost šinskih vozila. Svako odstupanje ovog opterećenja od dozvoljenog upućuje na grešku u lancu ugradnje elemenata primarnog ili sekundarnog ovješnja vozila, ili čak njihovu deformaciju. Ova mjerna stanica može biti osnova za razvoj staničnih vaga za kontrolu balansa masa pružnih vozila u sastavu vozova, na način da se računarski registruju osovine i točkovi čije sile u tački dodira točak-šina odstupaju od dozvoljenih vrijednosti, sa ciljem da se takva vozila blagovremeno isključe iz saobraćaja.

Predložena mjerna metoda može se koristiti pri temeljenju mašina i raznih čeličnih konstrukcija u cilju optimalne distribucije mase temelja.

LITERATURA

- 1] Uputstva za vaganje željezničkih vozila -265, Sl. glasnik ZJŽ br. 8-83, Beograd
- 2] S. V. Veršinski i dr., Dinamika vagona, „Transport“, Moskva, 1978.
- 3] Uputstva Hotinger Baldwin Messtechnik, Deutschland, 1996.

CIP - Katalogizacija u publikaciji
Narodna i univerzitetska biblioteka
Republike Srpske, Baňa Luka

621(082)

НАУЧНО-стручни скуп Истраживање и развој
машинских елемената и система (2006 ; Бања Лука -
Мраковица)

Zbornik radova naučno-stručnog skupa Istraživanje i razvoj mašinskih elemenata i sistema IRMES'06, Banja Luka - Mrakovica, 21. i 22. septembar 2006. = Proceedings of Scientific-expert Meeting Research and Development of Mechanical Elements and Systems IRMES'06 / organizatori Mašinski fakultet [и] Asocijacija za dizajn. elemente i konstrukcije (ADEKO) ; [urednik Milosav Đurđević]. - Banja Luka : Mašinski fakultet, 2006 (Banja Luka : Glas srpski-Grafika). - 428 стр. : илустр. ; 25 см

Радови на срп., енгл. и нем. језику. - Тираж 120. - Предговор / Milosav Đurđević. - Напомене и библиографске референце уз текст. - Библиографија уз сваки рад.

ISBN 99938-39-13-2

а) Машинство - Зборници

COBISS.BH-ID 118808

ZAKLJUČAK

Autodesk Inventor je softver za 3D konstruisanje koji se dosta lako uči i koristi. od pogodnosti i karakteristika ovog softvera su:

veoma kratko vreme potrebno za savladavanje osnovnih mogućnosti programa, što pruža osnovu za brzo usavršavanje i praktičnu primenu znanja, velika kompatibilnost sa podacima izrađenim u **DWG** formatu, što omogućava korišćenje već postojeće dokumentacije, mogućnost pristupa i izmene sastavnih delova sklopova pri radu u okviru okruženja samog sklopa, lak tok rada, koji omogućava kreativan rad i veliku produktivnost procesa konstruisanja,

omogućava konstruktoru da kroz izradu prezentacije doprinese promovisanju proizvoda,

mogućnost modeliranja elektro i hidrauličkih komponenti,

primena metode konačnih elemenata pri analiziranju delova konstrukcije...

Čitav korisnički interfejs je osmišljen tako da se pored manjeg broja radnih komandi koje su uvek vidljive, na ekranu pojavljuju samo komande tno vezane za okruženje u kome se trenutno radi. Pojedine komande, zahvaljujući nom nivou ugrađene inteligencije, zamenjuju čitav niz opcija koje u nekim drugim ramima opterećuju radno okruženje velikim brojem ikonica. Tamo gde postoji veći istorodnih komandi, njihove ikonice su grupisane u logičke skupove. Na taj način datno uvećan koristan prostor za rad.

Prilikom rada sa crtežima i sklopovima Autodesk Inventor pruža jedinstvene učnosti pristupa sastavnim delovima. Sa samo jednim dvostrukim klikom na prikaz unutar sklopa prelazi se u okruženje predviđeno za oblikovanje i editovanje ktovanih delova bez potrebe za izlaženje iz fajla i posebnim otvaranjem fajla vanog dela. Povezanost fajlova unutar nekog Inventor projekta se ogleda i kroz inu automatskog ažuriranja promena nastalih u bilo kom okruženju.

Za razliku od drugih programa, Autodesk Inventor je koncipiran tako da sledi dan tok rada, ostavljajući konstruktoru mogućnost da po sopstvenom izboru di putanju za izvođenje pojedinih operacija. Na raspolaganju su i mnogobrojne ike na tastaturi koje znatno skraćuju vreme pokretanja komandi pri njihovom om korišćenju. Korisniku Inventora su dostupne i opcije za lako prilagođavanje og okruženja i rasporeda komandi u zavisnosti od stepena njegove obučenosti. gram, takođe, poseduje integrisan sistem učenja i podrške, koji pomaže korisnicima antora da dođu do rešenja za primenu pojedinih složenih opcija.

LITERATURA

Nikola Janković, Autodesk Inventor Professional 9, Seminarski rad, Kragujevac, 2005.

Madsen, Autodesk Inventor 5 / 5.3

Autodesk Inventor Professional 9 – Getting Started

Autodesk Inventor Professional 9 Stress Analysis – Getting Started

<http://www.autodesk.com>



PRIMENA METODE KONAČNIH ELEMENATA ZA PRORAČUN ČVRSTOĆE POSUDA POD PRITISKOM

Vujadin Aleksić¹, Miodrag Arsić², Zoran Odanović³

Rezime: U radu je na primeru modeliranja i proračuna strukture rezervoara za tečni ugljen dioksid (TUD) prikazan metodološki pristup proračunu, metodom konačnih elemenata, a u saglasnosti sa metodama definisanim novim i opštim pristupom standardizaciji i tehničkom usaglašavanju za OPP (Pressure Equipment Directive – PED – dokument 97/23/EC). Na osnovu analize dobijenih rezultata proverena je stabilnost elemenata strukture rezervoara, ocenjena su dozvoljena naprezanja, a dati su i predlozi u cilju poboljšanja i optimizacije date strukture.

Ključne riječi: rezervoar, oprema pod pritiskom, direktiva za opremu pod pritiskom

APPLYING OF THE FINITE ELEMENTS METHOD FOR STRENGTH CALCULATION OF PRESSURE VESSEL

Abstract: This paper presents methodological approach to calculation of tank for liquid carbon dioxide storage by using of finite elements method, in accordance with methods that are defined by new and general approach to standardization and technical improvement of pressure equipment (Pressure Equipment Directive PED – document 97/23/EC). Stability of tank structural elements has been verified, permissive stresses have been evaluated, based on analysis of obtained results. Improvements and optimizations of given structure have been suggested.

Keywords: Tank, Pressure Equipment, Pressure Equipment Directive

1. UVOD

Oprema pod pritiskom (OPP), sa specifičnostima u projektovanju, izradi, ispitivanju i zahtevima u pogledu bezbednosti mora da bude projektovana na osnovu svih relevantnih uticaja kako bi se obezbedilo da bude bezbedna tokom radnog veka. Dozvoljena naprezanja za OPP moraju biti ograničena mogućim greškama u radnim uslovima, kako bi se potpuno eliminisala neizvesnost koja nastaje od proizvodnje, modela proračuna, stvarnih radnih uslova i karakteristika i ponašanja materijala.

Osnovne preporuke za projektovanje, proračun i izradu noseće strukture rezervoara za TUD su sadržani: u pravilniku "Tehnički propisi i standardi za posude pod pritiskom za tečne atmosfere gasove i tečni ugljen-dioksid", tehničkim uslovima standarda /1,2/, materijalnim podlogama sadržanim u tehničkom opisu i mogućnostima

¹ mr Vujadin Aleksić, Beograd, Institut za ispitivanje materijala IMS, vujadin.aleksic@institutims.co.yu

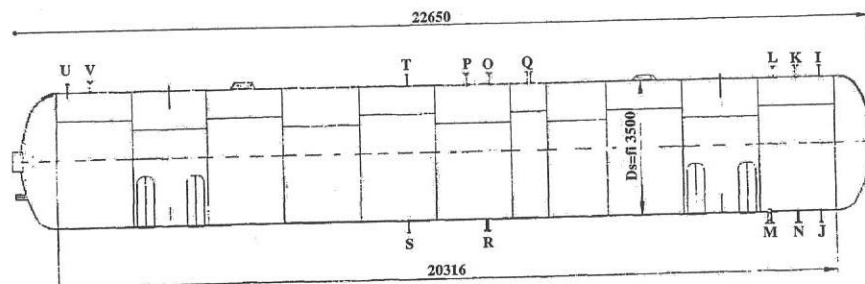
² dr Miodrag Arsić, Beograd, Institut za ispitivanje materijala IMS, miodrag.arsic@institutims.co.yu

³ dr Zoran Odanović, Beograd, Institut za ispitivanje materijala IMS, zoran.odanovic@institutims.co.yu

nološkoj opremljenosti proizvođača.

2. OPTEREĆENJA ZA PRORAČUN

Rezervoar zapremine 203 m³ za smeštaj tečnog ugljendioksida spada u grupu ilnih posuda pod pritiskom, horizontalne izrade. Izgled rezervoara i dimenzije dati su na sl.1, a tehničke karakteristike u tab.1. Uzimajući opšte i lokacijske činioce rezervoar spada u klasu II (JUS M.E2.151) posuda pod pritiskom.



Sl. 1. Rezervoar za tečni ugljen dioksid zapremine 203 m³

Za projektovanje OPP za TUD kvalitet materijala posude i priključaka je definisan zahtevima, a vezivanja elemenata strukture je propisano tehnologijom varivanja.

Tabela 1. Tehničke karakteristike rezervoara za TUD

Najveći dozvoljeni radni pritisak	22 bara
Proračunski pritisak, JUS M.E2.250	22 bara
Ispitni pritisak	28.6 bara
Ispitna materija	voda
Temperatura ispitne materije	temperatura okoline
Maksimalna i minimalna temperatura zida	-30 ^{±3} °C
Radni medijum	neotrovan, nezapaljiv, neeksplozivan
Zapremina	203 m ³
Masa prazne posude	41300 kg
Najveća masa punjenja	207470 kg

Kao polazna osnova za određivanje merodavnih opterećenja služe norme koje se odnose na projektovanje, proračun i konstruisanje stabilnih posuda pod pritiskom za tečni ugljen dioksid, definisane standardom JUS M.E2.516, a koje za proračun uzimaju u obzir: mirna opterećenja stvorena unutrašnjim pritiskom, dinamička i udarna opterećenja zbog nagle promene pritiska, opterećenja stvorena statičkim pritiskom radne materije, sopstvenom masom posude i masom radne, odnosno ispitne materije, opterećenja izazvana priključnim cevovodima, radnom opremom i izolacijom, opterećenja izazvana vetrom, odnosno seizmičkim potresom, naprezanja izazvana temperaturnim poljima u materijalu, kao i lokalna naprezanja na mestima priključivanja, odnosno oslanjanja.

2.1. Analiza opterećenja rezervoara u toku radnog veka

U svom radnom veku ovaj rezervoar je izložen većini napred navedenih opterećenja, ali su dominantna mirna opterećenja stvorena unutrašnjim pritiskom, opterećenja stvorena statičkim pritiskom radne materije, sopstvenom masom suda i masom radne, odnosno ispitne materije, i lokalna naprezanja na mestima priključivanja, odnosno oslanjanja, kao i opterećenje praznog rezervoara u trenutku dizanja rezervoara sajlama preko uški u cilju nameštanja na transportno sredstvo i oslonce na mestu eksploatacije. Ostale vrste opterećenja, zbog svog retkog pojavljivanja i malog uticaja na čvrstoću i stabilnost rezervoara nisu uzete u obzir pri proračunu metodom konačnih elemenata.

2.2. Usvojena opterećenja za proračun metodom konačnih elemenata

Za mirno opterećenje unutrašnjim pritiskom, usvojen je ispitni pritisak od 2.86 MPa.

Za opterećenje statičkim pritiskom radne materije, usvojena je kontinualno raspoređena masa maksimalnog punjenja po čitavom rezervoaru od 207470 kg.

Za opterećenje sopstvenom masom posude i masom radne, odnosno ispitne materije, uz istovremeno dejstvo ispitnog pritiska, usvojeno je kontinualno raspoređena masa posude i masa maksimalnog punjenja po čitavom rezervoaru (41300+207470 = 248770 kg i 2.86 MPa).

Lokalna naprezanja na mestima priključaka i oslanjanja rezervoara, su uzeta u obzir realnom geometrijom modela rezervoara, što daje realnije rezultate nego da su ta mesta zamenjena ekvivalentnom debljinom lima, tako da se u okolini svakog priključka i oslonaca za bilo koji slučaj opterećenja može videti raspodela napona i odrediti faktor koncentracije napona.

Za opterećenje izazvano dizanjem praznog rezervoara, usvajeno je opterećenje sopstvene mase rezervoara od 41300 kg.

2.3. Dozvoljene deformacije i naponi

Najveće dozvoljene deformacije, definisane zahtevom iz standarda JUS M.E2.200 da kod primenjenih opterećenja ne smiju postojati trajne deformacije, a u ovom slučaju definisane su izborom materijala za izradu rezervoara. Odabran je finozrni, normalizovani čelik, kvaliteta koji je: prema nemačkim normama definisan kao: "Feinkornbaustahle TStE355 Stoff. Nr. 1.0566 - DIN 17102 und DIN 17103" ili prema evropskim normama kao: "Fine grain steels P355NL2 - 1.0566 - EN 10028, Products made of steels for pressure proposes - Part 3: Weldable fine grain steels, normalized". Mehanička svojstva ovog čelika su data u tab. 2.

Tabela 2. Mehanička svojstva materijala TStE355 (P355NL2)

Modul elastičnosti	Poissonov koeficijent	Granica tečenja	Zatezna čvrstoća	Izduženje	Žilavost [J]	
					-20 °C	-50 °C
E [Mpa]	ν	R _{eH} [MPa]	R _m [MPa]	Lo=5d [%]	-20 °C	-50 °C
200000	0.3	414-436	574-582	28-30	176-200	50-53

Da bi sve ostalo u granicama elastičnosti i posle prestanka delovanja opterećenja usvaja se stepen sigurnosti za deformacije i napore S=1.1.

di:

$$\sigma_{\text{doz}} = R_{eH} / S = 414 / 1.1 = 376 \text{ MPa}$$

$$l_{\text{doz}} = \sigma_{\text{doz}} / E = 376 \cdot 2265 / 200000 = 4.26 \text{ cm}$$

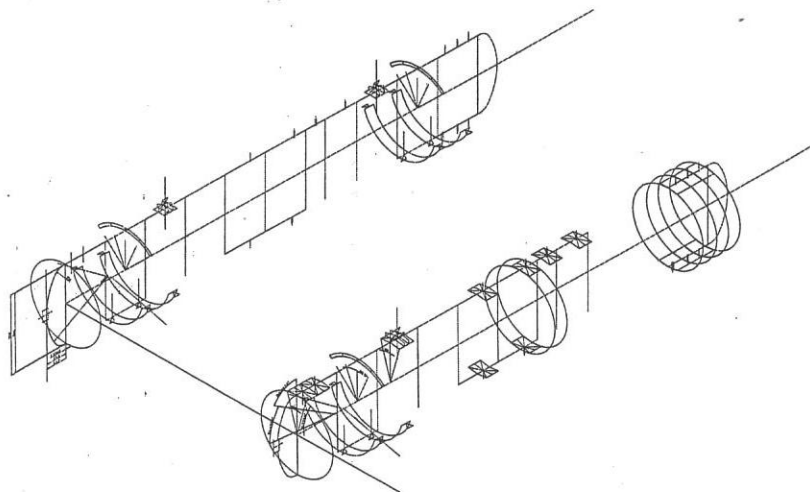
deći računa o postavljenim zahtevima u pogledu opterećenosti strukture rezervoara iđen je proračun metodom konačnih elemenata (MKE).

3. MODEL NOSEĆE STRUKTURE REZERVOARA

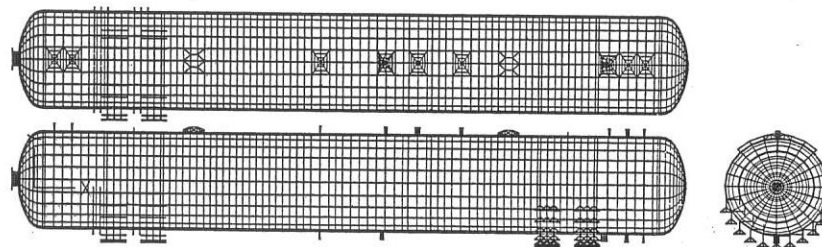
Rezervoar se tretira kao prostorna struktura međusobno povezanih elemenata i ploče (četvorougone i trougaone) promenljivog poprečnog preseka. Celokupna reća struktura je svedena na: srednju ravan omotača i prednjeg i zadnjeg dna. Na osnovu nje urađen je model za sve priključke, oslonce i uške sa realnim ljinama, sl.3. Usvojeni model ima 3866 čvora i 3952 elemenata tipa ploče. Globalni rdnatni sistem modela usvojen je tako da je koordinatni početak "O" u centralnoj rezervoara na početku revizionog otvora, osa "Ox" poklapa se sa centralnom osom ervoara, osa "Oy" se prostire upravno na centralnu osu rezervoara u pravcu uški, a "Oz" se prostire upravno na prve dve ose, čineći sa njima trijedar.

Statički proračun strukture je baziran na standardu koji definiše opterećenja a se moraju uzeti u obzir pri proračunu čvrstoće i stabilnosti posude.

S obzirom da je rezervoar izložen i povremenim dinamičkim opterećenjima čije elovanje kratko u odnosu na eksploatacioni vek rezervoara nije urađen poseban amički proračun strukture. Odgovarajući zaključci su izvedeni iz statičkog računa.



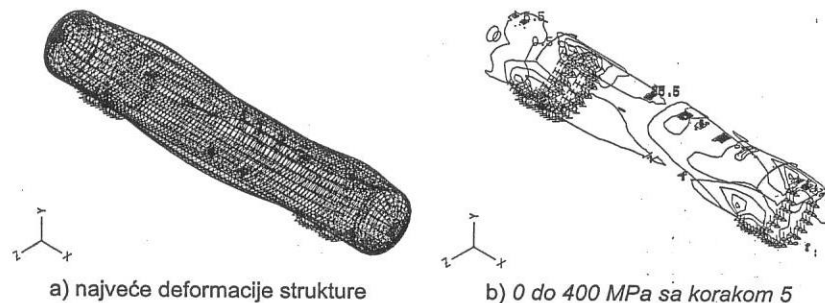
Sl. 2 Priprema za modeliranje geometrije rezervoara sa priključcima



Sl. 3 Usvojeni model rezervoara za proračun

4. REZULTATI PRORAČUNA

Proračun je pokazao da najkritičniji slučaj opterećenja predstavlja opterećenje sopstvenom masom posude i masom radne ili ispitne materije, uz istovremeno dejstvo ispitnog pritiska, pri čemu su ostvarena najveća pomeranja (deformacije) dna rezervoara, ali su u granicama dozvoljenih vrednosti. Pri tome su najveći naponi na mestima oslanjanja i u području priključaka koji se nalaze između oslonaca S,T,O,P,Q,R. Na sl. 4a prikazana su pomeranja (deformacije), a na sl. 4b raspodela napona izazvana ovim slučajem opterećenja.



a) najveće deformacije strukture

b) 0 do 400 MPa sa korakom 5

Sl. 4. Deformacije i naponi u elementima za najkritičniji slučaj opterećenja

Naponi u elementima ploča su ispod dozvoljenih napona, s tim da se u zoni priključaka U,X veoma približavaju dozvoljenoj granici za predviđenu vrstu materijala.

4.1 Analiza stabilnosti elemenata noseće strukture

Elementi koji su izloženi pritisku ili smicanju treba da zadovolje uslove stabilnosti. Stabilnost elemenata plašta proverava se na delu plašta između uški, čija je dimenzija: $h = 2.0 \text{ cm}$ - debljina plašta, $a = 1041.6 \text{ cm}$ - dužina polja, $b = 90.5 \text{ cm}$ - širina polja. Kritični naponi se određuju prema izrazima:

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

Pri odnosu $b/a=33.5/430.0=0.087$ koeficijenti konturnih uslova K_σ i K_τ za slučaj uklještenih ivica plašta iznose $K_\sigma=3.8$ i $K_\tau=8$, a kritični naponi:

$$\sigma_{kr} = 3.8 \cdot 200000 \cdot \left(\frac{2.0}{90.5}\right)^2 = 371.2 \cdot \text{MPa} \quad \text{i} \quad \tau_{kr} = 8 \cdot 200000 \cdot \left(\frac{2.0}{90.5}\right)^2 = 781.4 \cdot \text{MPa}$$

Kritični napon pritiska je nizak i kod ekstremnih opterećenja može se očekivati gubitak stabilnosti oplata u zonama priključaka, dok je kritični napon smicanja visok pa ne može doći do gubitka stabilnosti usled delovanja smicajnih napona.

5. ZAKLJUČAK

Proračun ima opšti karakter i ne bavi se lokalnim vezama, što pretpostavlja dobru vezu između delova plašta međusobno i vezu sa dancima, kao i vezu između priključaka, oslonaca i uški sa plaštom i dancima, tj. pretpostavlja se da su svi zavareni spojevi kvalitetno izvedeni, u skladu sa tehnologijom zavarivanja, kao i da je ostvarena dobra veza rezervoara za oslonce na mestu eksploatacije.

Na osnovu rezultata i analiza naponskog i deformacionog stanja, može se konstatovati da se deformacije nalaze u granicama dozvoljenih kod svih analiziranih slučajeva opterećenja.

Za kritični napon pritiska kod ekstremnih opterećenja kao što je slučaj opterećenja sopstvenom masom posude i masom radne, odnosno ispitne materije, uz istovremeno dejstvo ispitnog pritiska, može se očekivati gubitak stabilnosti plašta u zonama priključaka, dok je kritični napon smicanja dovoljno visok da ne može doći do gubitka stabilnosti usled delovanja smicajnih napona.

Opšti zaključak je da metode proračuna moraju potvrditi zahteve po pitanju bezbednosti OPP. Zahtevi bezbednosti se pored proračuna mogu ispuniti i primenom odgovarajućih analiza i ispitivanjem parametara mehanike loma.

LITERATURA

- [1] JUS Standardi i propisi vezani za proračun, izradu i eksploataciju OPP,
- [2] Direktiva za opremu pod pritiskom 97/23/EC (PED) sa priložima



PROGRAMSKI PAKET ZA PRORAČUN PARAMETARA TRANSPORTERA SA TRAKOM

Čučilović M.¹, Milićević I.²

Rezime: Od svih transportnih uređaja neprekidnog dejstva, trakasti transporteri imaju najveću primenu, najviše za prenošenje rasipnih materijala i komadnih tereta, kako u mala, tako i na veća rastojanja u svim oblastima savremene proizvodnje. Razlog široke primene trakastih transportera leži u čitavom nizu njihovih eksploatacionih karakteristika, kao što su: jednostavna konstrukcija, veliki kapacitet, miran i bešuman rad, pojednostavljeno održavanje, itd. U ovom radu prikazano je kako se mogu relativno brzo i jednostavno proračunati parametri trakastih transportera uz pomoć računara, odnosno primenom odgovarajuće softverske aplikacije.

Ključne riječi: trakasti transporter, proračun, parametri, softver

COMPUTER APPLICATION FOR PARAMETER CALCULATION OF RIBBON CONVEYOR

Abstract: From all transportation device of constantly activity, ribbon conveyors have the biggest application, mostly for transfer dispersedly stuff and itemize burden, in slurr and long away distance at all area of productivity. The reason of widely application ribbon conveyors are good exploitation characteristic just like: simply construction, large capacity, quiet and noiseless works, simply maintenance, etc. In this paper is show how quickly and simply calculate parameter of ribbon conveyors with computer application, respectively by using appropriate software.

Keywords: ribbon conveyor, calculation, parameter, software

1. UVOD

Trakastim transporterima se nazivaju mašine neprekidnog transporta sa elastičnom trakom kao vučnim elementom. Glavna prednost trakastih transportera, u odnosu na ostale uređaje neprekidnog dejstva, je velika produktivnost, koja pri velikim brzinama kretanja (6-8 m/s) i velikoj širini trake može iznositi do 20000 pa čak i 30000 t/h, što u mnogome prevazilazi produktivnost drugih transportera. Trakasti transporter može imati složene trase, sa horizontalnim i nagnutim delovima, sa manjim uglovima nagiba, koji obično iznose 10-28°.

¹ Dr Milivoje Čučilović, vanredni profesor, Tehnički fakultet, Čačak, Svetog Save 65, e-mail: cucilo@tfc.kg.ac.yu

² Dipl. maš. inž. Ivan Milićević, asistent-pripravnik, Tehnički fakultet, Čačak, Svetog Save 65, e-mail: ivanmil@tfc.kg.ac.yu