

MATEMATIČKI MODEL OPTIMIZACIJE MOBILNIH PODIZNIH RADNIH PLATFORMI

Mr Goran Radoičić, dipl.maš.inž.

Javno komunalno preduzeće "Mediana" Niš

U radu je dat prikaz jednog mogućeg matematičkog modela optimizacije mobilnih podiznih radnih platformi. Model je zasnovan na principima teorije optimizacije. Model sadrži specifičnosti koje se odnose na objekt proučavanja, konkretnu transportnu mašinu. Matematički model, prikazan u ovom radu, koristi se kao osnova za izradu programskog algoritma kojim se izračunavaju optimalne vrednosti parametara optimizacije, računarskim putem.

Ključne reči: matematički model, optimizacija, parametri optimizacije, funkcija cilja.

UVOD

Mobilne podizne radne platforme (u daljem tekstu podizne platforme) su transportne mašine koje su veoma zastupljene u svetu i kod nas u mnogim privrednim delatnostima (saobraćaj – transport, komunalne delatnosti, elektroprivreda, itd).

Osnovna funkcija podizne platforme je transport ljudi i neophodnog tereta na određenu radnu visinu, sa ciljem izvršavanja radnih operacija iz korpe uređaja, na potpuno bezbedan način.

Podizne platforme se mogu razvrstati na više načina [1]. Jedan od načina je prema vrsti mehanizma manipulatora. Prema ovom načinu podele, podizne platforme mogu biti teleskopske i zgloбно-polužne.

Postoji veliki broj optimizacionih zadataka koji se mogu odnositi na obe navedene grupe podiznih platformi. Sa druge strane, imajući u vidu različitost noseće konstrukcije ili konstrukcije manipulatora, može se postaviti niz specifičnih zadataka optimizacije, karakterističnih samo za određenu grupu podiznih platformi. Razmatranje optimizacionog problema, u ovom radu, usmereno je ka predstavniku grupe zgloбно-polužnih podiznih platformi.

POJAM OPTIMALNOG PROJEKTOVANJA

Optimizacija predstavlja postupak iznalaženja najpovoljnijeg rešenja konstrukcije pri zadatim uslovima [2].

Optimizacijom se određuju geometrija, unutrašnja svojstva i uslovi rada koji definišu ekstremna svojstva za izabrane karakteristike mašina i uređaja pri zadatim ograničenjima.

Sa matematičkog aspekta, optimizacija predstavlja proces nalaženja uslova koji rezultiraju ekstremne vrednosti funkcija cilja.

Matematičke metode za rešavanje problema optimizacije u mašinstvu, u zavisnosti od prisustva funkcija kojima se definišu ograničenja u optimizacionom zadatku, mogu se svrstati u dve grupe:

- metode bezuslovne nelinearne minimizacije,
- metode uslovljene nelinearne minimizacije.

Optimalno projektovanje mora imati tačno definisan cilj koji se naziva funkcijom cilja. Funkcija cilja je funkcija nezavisnih parametara optimizacije i u opštem slučaju može se predstaviti jednačinom:

$$FC = f(x) = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (1)$$

u kojoj su: $x_1, x_2, \dots, x_n$ - parametri optimizacije.

Matematička forma funkcije cilja mora da zadovolji dva uslova, uslov neprekidnosti i uslov diferencijabilnosti. Ukoliko su dva navedena uslova zadovoljena, može se tražiti minimum funkcije cilja:

$$\min\{f(x), x \in Z\}, \quad Z = \{x \in R^n, g_j(x) \geq 0, (j = 1, \dots, m)\} \quad (2)$$

U izrazu (2) funkcija $g_j (j = 1, \dots, m)$ predstavlja funkciju ograničenja.

Funkcija cilja postaje minimalna funkcija u zavisnosti od optimalnih parametara $x_i (i = 1, \dots, n)$:

$$f(x)^{opt} = f(x)^{extrem} \longrightarrow x_i^{opt} \quad (3)$$

Parametri optimizacije $x_i (i = 1, \dots, n)$ mogu biti različite veličine. Minimizacija funkcije cilja, kao ishod, daje optimalne parametre x_i^{opt} (optimalno rešenje).

U opštem slučaju optimizacija ne mora imati ograničenja. Mašinski sistemi, gotovo uvek, imaju neka ograničenja.

Opšti oblik funkcije ograničenja je:

$$G_j = g_j(x) = g_j(x_1, \dots, x_n) \quad (4)$$

odakle se vidi da je i funkcija ograničenja g_j u zavisnosti od parametara optimizacije x_i .

KRITERIJUMI OPTIMIZACIJE

Optimalno rešenje treba da, za zadate parametre, omogući zadovoljenje zadatih kriterijuma optimizacije. Kriterijumi optimizacije mogu biti veoma različiti.

U slučaju optimizacije podiznih platformi kriterijumi optimizacije mogu biti:

1. Kriterijum maksimalne radne visine. Maksimalna radna visina optimalnog rešenja mora biti jednaka ili veća od radne visine izvedenog rešenja:

$$y_{\max}^{\text{opt}} \geq y_{\max}^{\text{izv}} \quad (5)$$

2. Kriterijum maksimalnog horizontalnog dohvata. Maksimalni horizontalni dohvati optimalnog rešenja mora biti veći ili jednak od dohvata kod izvedenog rešenja:

$$x_{\max}^{\text{opt}} \geq x_{\max}^{\text{izv}} \quad (6)$$

3. Kriterijum površine radnog dijagrama. Jedan od mogućih kriterijuma zahteva da optimalno rešenje konstrukcije podizne platforme ima najveću površinu radnog područja (sl.1). Izvedeno tehničko rešenje poseduje površinu radnog dijagrama P_{rd} . Ona je definisana geometrijom članova i kinematskim odnosima unutar kinematskog lanca. Površina radnog dijagrama P_{rd} je smeštena unutar pravougaone površine P_p (sl.1).

Površina P_p iznosi:

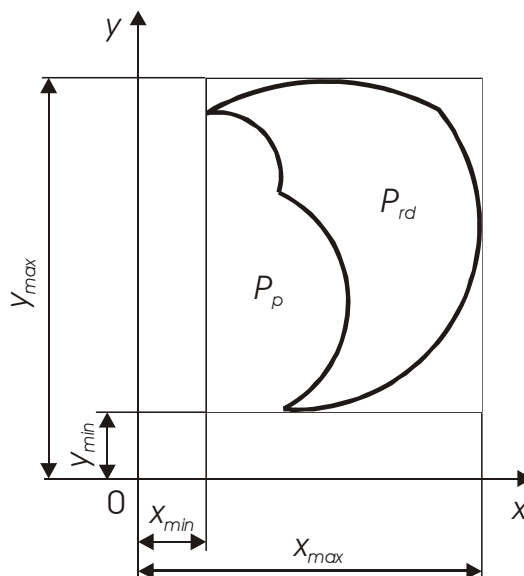
$$P_p = (x_{\max} - x_{\min}) \cdot (y_{\max} - y_{\min}) \quad (7)$$

Reprezent funkcije cilja P_{rd} , prema ovom kriterijumu, predstavlja odnos:

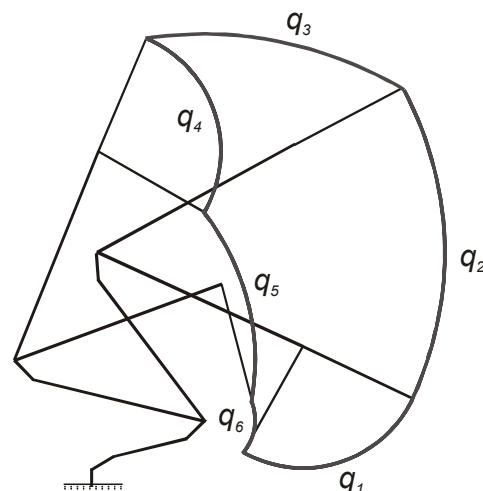
$$R_p = \frac{P_{rd}}{P_p} = \frac{P_{rd}}{(x_{\max} - x_{\min})(y_{\max} - y_{\min})} \quad (8)$$

pri čemu P_{rd} zavisi od krivih q_i , koje predstavljaju geometrijsko mesto obodnih tačaka radnog dijagrama (sl.2):

$$P_{rd} = P_{rd}(q_i) \quad (i = 1, \dots, 6) \quad (9)$$



Slika 1. Kriterijum površine radnog dijagrama



Slika 2. Granične krive radnog dijagrama

Pri tom, kao i kod kriterijuma 1 i 2, potrebno je da bude ostvaren uslov stabilnosti:

$$M_s > M_p \quad (10)$$

gde su: M_s, M_p - momenti stabilnosti i prevrtanja, respektivno.

4. Kriterijum ugiba f_K završne tačke $K(x_K, y_K)$ (korpe podizne platforme) u izabranoj vertikalnoj ravni otvorenog kinematskog lanca konstrukcije manipulatora (sl.3). Završna tačka predstavlja mesto najvećeg ugiba koji mora biti najmanji moguć kod optimalnog rešenja:

$$f_K^{\text{opt}} < f_K^{\text{izv}} \quad (11)$$

Reprezent funkcije cilja je:

$$R_{fK} = f_K^{opt} (f_K^{izv})^{-1} \quad (12)$$

gde su: f_K^{opt} – ugib u tački K optimalnog rešenja, f_K^{izv} – ugib u tački K izvedenog tehničkog rešenja podizne platforme.

5. Kriterijum minimalne sile otpora na izabranom pogonskom elementu – aktuatoru (obično hidrocilindar) ili na svim pogonskim hidrocilindrima. Ovaj kriterijum podrazumeva:

$$F_{Ci} = F_{Ci,min} \quad (13)$$

pri čemu je:

$$F_{Ci} = f(x_i, y_i, Q_j, F_T) \quad (14)$$

implicitni izraz za silu u izabranom pogonskom cilindru, gde su: x_i, y_i – koordinate karakterističnih tačaka modela (čvorovi i težišta), Q_j težine elemenata modela, F_T – sila težine tereta u korpi. Reprezent funkcije cilja pokazuje meru efikasnosti minimizacije otporne sile na izabranom pogonskom cilindru F_{Ci} ($i = 1, 2, 3$), imajući u vidu početnu vrednost ove sile pre postupka minimizacije, i može predstaviti izrazom:

$$R_{F_{Ci}} = 1 - \frac{F_{Ci}^{opt}}{F_{Ci}^{poc}} \quad (15)$$

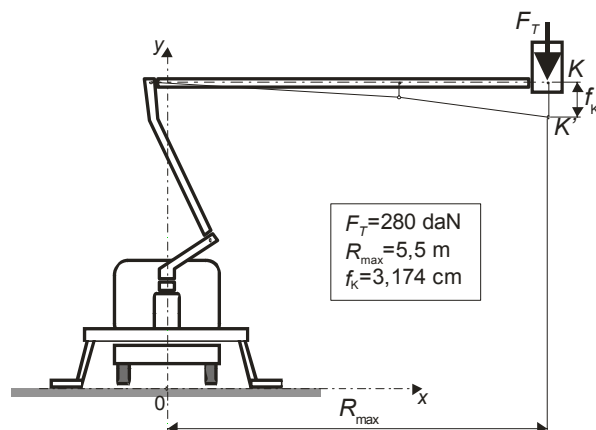
u kome figurišu: F_{Ci}^{opt} – sila u izabranom pogonskom cilindru po izvršenoj optimizaciji, F_{Ci}^{poc} – sila u izabranom pogonskom cilindru, pre početka optimizacije na izvedenom tehničkom rešenju.

Naravno, moguće je definisati i drugačije kriterijume optimizacije. Prema broju primenjenih kriterijuma optimizacija može biti:

- jednokriterijumska i
- višekriterijumska.

Jednokriterijumska optimizacija se primenjuje u slučajevima kada postoji dovoljno tačan kriterijum optimizacije koga prati takođe tačan matematički oblik funkcije cilja.

Višekriterijumska optimizacija u proces uključuje veći broj kriterijuma za ocenu kvaliteta nekog razmatranog tehničkog rešenja.



Slika 3. Ugib tačke K pri maksimalnom horizontalnom dohvatu

Funkcija cilja obuhvata više različitih kriterijuma što zahteva uspostavljanje kompromisa između kriterijuma. Kompromis je moguć primenom faktora uticaja čija priroda može biti: matematička, eksperimentalna, intuitivna. Dakle, u slučaju višekriterijumske optimizacije funkcija cilja je složena i zavisi od parcijalnih uslova optimalnosti. Značaj pojedinačnih kriterijuma, odnosno ispunjenja podfunkcija cilja, određuje se težinskim koeficijentima [2]. Ovakva optimizacija naziva se još i tehničkom optimizacijom.

IZBOR ZADATKA OPTIMIZACIJE

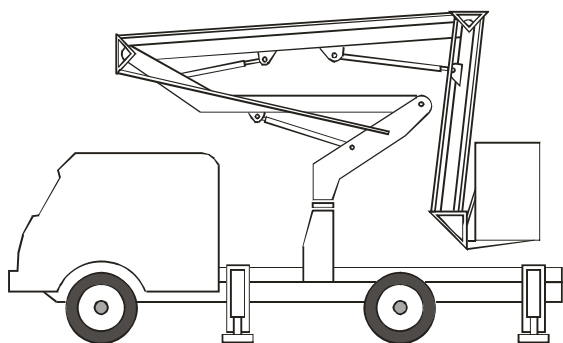
Funkcija cilja može biti veoma različita. U slučaju optimizacije podiznih platformi, funkcija cilja se može odnositi na:

- minimalnu masu konstrukcije manipulatora,
- minimalnu amplitudu oscilovanja dinamičkog modela konstrukcije,
- maksimalno iskorišćenje materijala noseće konstrukcije u skladu sa naponskim stanjem konstrukcije,
- maksimalno iskorišćenje energije pogonskog fluida u hidrostatičkom sistemu,
- minimalno potrebno vreme za izvršenje kretanja sa ciljem zauzimanja radnog položaja elemenata konstrukcije,
- minimalnu cenu proizvoda,
- minimalnu zapreminu manipulatora u transportnom položaju (sklopljen radni uređaj tako da mu se težište nalazi na najmanjoj mogućoj visini u odnosu na ravan kretanja – oslanjanja mašine),
- minimalni otpor na pogonskim članovima – hidrocilindrima.

U ovom radu, interesovanje obuhvata oblast minimizacije sila otpora pogonskih elemenata – hidrocilindra.

Izabrano tehničko rešenje podizne platforme Riko RP10, prikazano skicom na slici 4, karakteriše zglobo-polužna konstrukcija manipulatora, koja se sastoji od obrtnog stuba i tri segmenta "izlomljene" strele. Svaki od segmenata pogonjen je odgovarajućim hidrocilindrom. Dakle, tri pogonska hidrocilindra (C_1, C_2, C_3) smeštena su između kinematskih parova (sl.5):

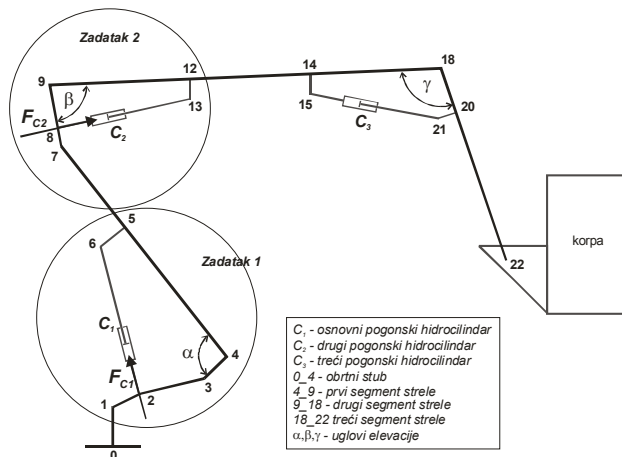
- obrtni stub – prvi segment strele,
- prvi segment strele - drugi segment strele,
- drugi segment strele - treći segment strele.



Slika 4. Zglobno-polužna podizna platforma

Mehanizam za promenu visine i dohvata se sastoji od: tri hidrocilindra kao pogonska elementa, tri segmenta strele, korpe na kraju kinematskog lanca i mehanizma za paralelno vođenje korpe.

Svaki od pogonskih elemenata mehanizma za promenu visine i dohvata može se, u postupku minimizacije sile otpora, nezavisno proučavati. Konkretno, za proučavanje su izabrani pogonski cilindri C_1 i C_2 (sl.5). Koncept optimizacije, u ovom radu, obuhvata dva zadatka. Rešavanjem ovih zadataka (u daljem tekstu *Zadatak 1* i *Zadatak 2*) vrši se optimalna sinteza mehanizma manipulatora podizne platforme. Zadaci 1 i 2 odnose se na različite delove konstrukcije manipulatora. Zadaci se rešavaju nezavisno. Ovako, nezavisno rešavanje zadataka optimizacije, karakteriše postupak parcijalne optimizacije. Rešenje jednog zadatka optimizacije ne mora biti korišćeno u postupku rešavanja drugog zadatka. Svaki pojedinačni zadatak se bavi lokalnom geometrijom, primenjujući odgovarajuće parametre modela i načela funkcionisanja u okruženju.



Slika 5. Položaj pogonskih cilindara izabranih za proučavanje

MATEMATIČKA FORMA PRVOG ZADATKA OPTIMIZACIJE

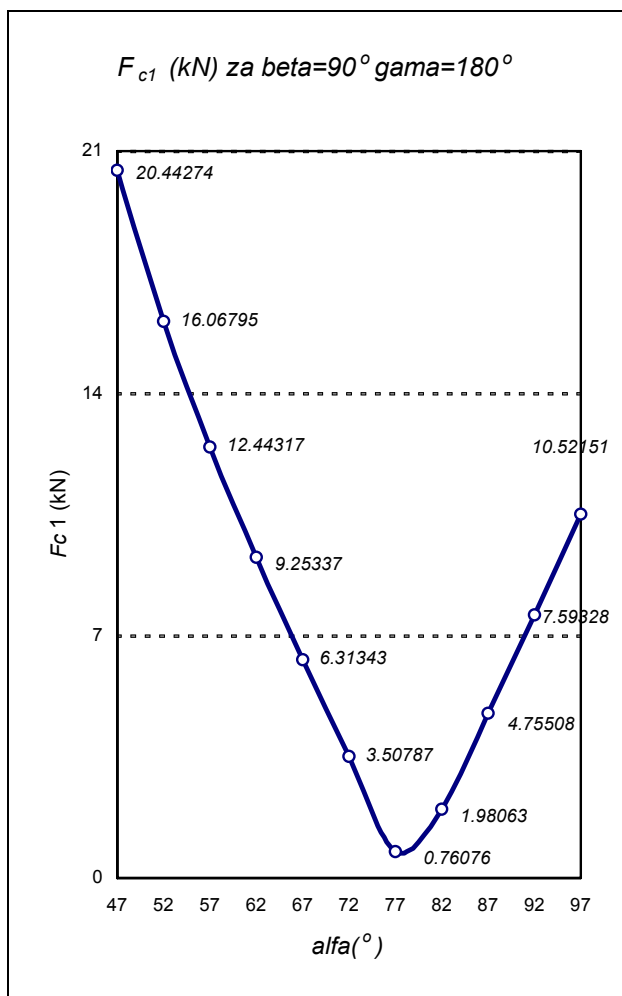
Zadatak 1 se bavi problemom minimizacije sile otpora F_{C1} osnovnog pogonskog cilindra C_1 (sl.5) i nalaženja optimalnog rešenja u domenu konstruktivne forme veze elemenata kinematskog para obrtni stub – cilindar C_1 , uzimajući u obzir realna ograničenja, takođe definisana matematičkim modelom.

U *Zadatku 1* parametri optimizacije su koordinate tačke 2, koja predstavlja zglobovu vezu pogonskog cilindra C_1 i obrtnog stuba 0-4 (sl.5).

Funkcija cilja se razmatra sa dva aspekta. Ukupan broj različitih položaja manipulatora podizne platforme zavisi od broja različitih kombinacija uglova elevacije α, β, γ (sl.5), a što opet zavisi od veličine priraštaja ovih uglova $\Delta\alpha, \Delta\beta, \Delta\gamma$. Položaji definišu manipulativnu (radnu) površinu u izabranoj vertikalnoj ravni. Analizom pojedinih položaja manipulatora, mogu se utvrditi oblasti u kojima se javljaju izuzetno visoki intenziteti sile F_{C1} . Broj ovih karakterističnih položaja ($n_{F_{C1}}^{extrem}$) je znatno manji od broja položaja manipulatora kojima odgovara sila pogonskog cilindra F_{C1} manjeg intenziteta, bliža prosečnoj ($n_{F_{C1} \approx F_{C1}^{sr}}$), tj:

$$n_{F_{C1}}^{extrem} \ll n_{F_{C1} \approx F_{C1}^{sr}} \quad (16)$$

Prilog jednoj ovakvoj tezi daje dijagram (sl.6) zavisnosti pogonske sile F_{C1} od veličine ugla elevacije α pri, na primer: $\beta = 90^\circ, \gamma = 180^\circ$.



Slika 6. Dijagram sile otpora F_{C1} u funkciji uglova elevacije α, β, γ

Sa dijagrama se jasno vidi da se ekstremno velike sile, javljaju za početne vrednosti lokalnog ugla α . Ekstremno velike sile, uglavnom se javljaju u početnim položajima ili onim položajima koji su bliski početnim (tzv. period inicijalizacije koji podrazumeva aktivnost cilindra na predaji kretanja mehanizmu manipulatora u trenutku kada je isti u sklopljenom položaju. Pored ovog, mogu se nacrtati i mnogi drugi, slični dijagrami zavisnosti pogonske sile od uglova elevacije, što zavisi od izabrane kombinacije ovih uglova. Za rešavanje **Zadatka 1**, interesantno je analizirati sile otpora u osnovnom pogonskom cilindru, za položaje manipulatora koje definišu promenljivi uglovi α i β i fiksirani ugao $\gamma = 180^\circ$.

Jedan od aspekata problema podrazumeva definisanje funkcije cilja kao zbira prosečne sile F_{C1} za zadat broj položaja manipulatora (n) sa jedne strane, i ekstremne sile F_{C1max} , koja se javlja u postupku izračunavanja sile F_{C1i} za svaki zadati položaj, sa druge strane. Značaj

maksimalne sile u okviru funkcije cilja treba odrediti koeficijentom uticaja k_F . Ovaj koeficijent može da ima različite vrednosti. Uticaj ovog koeficijenta može biti značajan, više ili manje, što zavisi od izabranog opsega mogućih položaja manipulatora.

U proračunu ima onoliko sila F_{C1} koliko je položaja manipulatora (n), odnosno:

$$F_{C1} = F_i (i = 1, 2, \dots, n); \quad F_1, F_2, \dots, F_n \quad (17)$$

Mogućnost pojave negativnih sila u sumi sila eliminiše se primenom kvadrata sile F_i , pa je suma sila:

$$\sum_{i=1}^n F_{i(\alpha, \beta, \gamma)}^2 = F_1^2 + F_2^2 + \dots + F_n^2 \quad (18)$$

Deo funkcije cilja koji uzima u obzir izračunavanje prosečne sile u pogonskom cilindru C_1 , ili uticaj prosečne sile otpora prvog pogonskog cilindra u funkciji cilja, je:

$$FC_I^{(1)} = \left(\frac{\sum_{i=1}^n F_{i(\alpha, \beta, \gamma)}^2}{n} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (19)$$

Drugi deo funkcije cilja obuhvata uticaj maksimalne sile (F_{C1max}), koja se izračunava pri svakom iterativnom postupku, poredeći se sa prethodno izračunatom najvećom silom. Ukoliko nova sila ima veću vrednost od prethodno izračunate maksimalne sile $F_{C1j(j < i)}$, ona u daljem iterativnom postupku uzima primat ekstremne (maksimalne) sile.

$$F_{C1i} = F_{C1max} \Leftrightarrow F_{C1i} > F_{C1j(j < i)} \quad (20)$$

Optimizacija sa ovako definisanom funkcijom cilja, u kojoj figuriše težinski koeficijent k_F , predstavlja tehničku optimizaciju:

$$FC_I^{(2)} = k_F \cdot F_{C1max} \quad (21)$$

gde je k_F – težinski koeficijent maksimalne sile i reprezent tehničkog pristupa u postupku optimizacije. On određuje značaj podfunkcije cilja, konkretno, maksimalne sile i daje mogućnost različitog sagledavanja elementarnih podfunkcija cilja. Često je logičan i iskustven [2].

Funkcija cilja, posmatrana sa ovog aspekta, predstavlja složenu funkciju i ima sledeću formu (22):

$$FC_I^* = FC_I^{(1)} + FC_I^{(2)} \quad (22)$$

Zamenom izraza (19) i (21) u jednačini (22) dobija se konačni oblik složene funkcije cilja, koja se primenjuje u postupku višekriterijumske optimizacije:

$$FC_I^* = \left(\frac{\sum_{i=1}^n F_{i(\alpha, \beta, \gamma)}^2}{n} \right)^{\frac{1}{2}} + k_F \cdot F_{C1\max} \quad (23)$$

U drugom aspektu optimizacionog **Zadatka 1** posmatra se suma kvadrata sila otpora na prvom pogonskom cilindru C_1 , za n različitih položaja mehanizma za promenu visine i

$$\begin{aligned} j=1 & \quad (\alpha = \alpha_{\min}, \beta = \beta_{\min}) \quad \gamma_j = \gamma_1 \Rightarrow F_j^2 = F_1^2 \\ j=2 & \quad (\alpha = \alpha_{\min}, \beta = \beta_{\min}) \quad \gamma_j = \gamma_2 = \gamma_1 + \Delta\gamma \Rightarrow F_j^2 = F_2^2 \\ & \dots\dots\dots \\ j=p & \quad (\alpha = \alpha_{\min}, \beta = \beta_{\min}) \quad \gamma_j = \gamma_p = \gamma_{p-1} + \Delta\gamma = \dots = \gamma_1 + (p-1)\Delta\gamma \Rightarrow F_j^2 = F_p^2 \end{aligned} \quad (25)$$

gde su: $\Delta\gamma$ - priraštaj ugla γ , p – broj uglova γ za koje se izračunava sila F_{C1}^2 .

Suma kvadrata sila, kada se menja samo jedan od lokalnih uglova elevacije γ , izračunava se kao:

$$\sum_{j=1}^p F_{j(\gamma)}^2 = F_{1(\gamma)}^2 + F_{2(\gamma)}^2 + \dots + F_{p(\gamma)}^2 \quad (26)$$

$$\left. \begin{aligned} k=1; (\alpha = \alpha_{\min}; \gamma = \gamma_1); \beta_k = \beta_1 & \Rightarrow F_k^2 = F_{k,j}^2 = F_{1,1}^2 \\ k=1; (\alpha = \alpha_{\min}; \gamma = \gamma_2); \beta_k = \beta_1 & \Rightarrow F_k^2 = F_{1,2}^2 \\ & \dots\dots\dots \\ k=1; (\alpha = \alpha_{\min}; \gamma = \gamma_p); \beta_k = \beta_1 & \Rightarrow F_k^2 = F_{1,p}^2 \end{aligned} \right\} \Rightarrow F_1^2 = \sum_{j=1}^p F_{1,j}^2$$

$$\left. \begin{aligned} k=2; (\alpha = \alpha_{\min}; \gamma = \gamma_1); \beta_k = \beta_2 = \beta_1 + \Delta\beta & \Rightarrow F_k^2 = F_{k,j}^2 = F_{2,1}^2 \\ k=2; (\alpha = \alpha_{\min}; \gamma = \gamma_2); \beta_k = \beta_2 & \Rightarrow F_k^2 = F_{k,j}^2 = F_{2,2}^2 \\ & \dots\dots\dots \\ k=2; (\alpha = \alpha_{\min}; \gamma = \gamma_p); \beta_k = \beta_2 = \beta_1 + \Delta\beta & \Rightarrow F_k^2 = F_{k,j}^2 = F_{2,p}^2 \end{aligned} \right\} \Rightarrow F_2^2 = \sum_{j=1}^p F_{2,j}^2$$

$$\left. \begin{aligned} k=m; (\alpha = \alpha_{\min}; \gamma = \gamma_1); \beta_k = \beta_m = \beta_{(m-1)} + \Delta\beta & \dots = \beta_1 + (m-1)\Delta\beta \Rightarrow F_{m,1}^2 \\ k=m; (\alpha = \alpha_{\min}; \gamma = \gamma_2); \beta_k = \beta_m = \beta_1 + (m-1)\Delta\beta & \Rightarrow F_{m,2}^2 \\ & \dots\dots\dots \\ k=m; (\alpha = \alpha_{\min}; \gamma = \gamma_p); \beta_k = \beta_m = \beta_{(m-1)} + \Delta\beta & \dots = \beta_1 + (m-1)\Delta\beta \Rightarrow F_{m,p}^2 \end{aligned} \right\} \Rightarrow F_m^2 = \sum_{j=1}^p F_{m,j}^2 \quad (27)$$

dohvata. Kvadrat sile se primenjuje iz razloga moguće pojave negativne vrednosti sile. Funkcija cilja u ovom slučaju je:

$$FC_I^{**} = \sum_{i=1}^n F_{C1i(\alpha, \beta, \gamma)}^2 = F_{C1,1}^2 + F_{C1,2}^2 + \dots + F_{C1,n}^2 \quad (24)$$

Postupak minimizacije funkcije cilja FC_I^{**} zahteva sledeći matematički pristup. U prvoj petlji algoritma menja se lokalni ugao elevacije γ koji se nalazi između drugog i trećeg segmenta zglobove strele, i to za sve moguće položaje trećeg segmenta, kojih ima p . Za to vreme ostali uglovi elevacije imaju svoje početne vrednosti koje su jednake minimalnim vrednostima, odnosno $\alpha = \alpha_{\min}$ i $\beta = \beta_{\min}$ (25).

U drugom nivou izračunavanja menja se ugao elevacije $\beta (\beta_{\min} \div \beta_{\max})$ i to za m mogućih položaja drugog segmenta zglobove strele, pri čemu je ugao $\alpha = \alpha_{\min}$, a ugao γ uzima vrednosti $\gamma_1, \dots, \gamma_p$, tako da se za svaku kombinaciju uglova elevacije γ_j i β_k izračunava sila u pogonskom cilindru C_1 .

Prema ovome, suma kvadrata sila, kada se vrši istovremena promena uglova γ i β , može se predstaviti izrazom:

41

U drugom zadatku optimizacije sledeća relacija definiše geometrijska ograničenja:

$$z_3 + a_7 - (a_8 + a_9) > 0 \quad (35)$$

Ova relacija predstavlja uticaj uslova sprezanja mehanizma manipulatora. U njoj figurišu:

- z_3 - parametar optimizacije, konkretno dužina dela prvog segmenta strele između čvorova 8 i 9 (sl.5),
- a_7, a_8 – konstantne veličine geometrijske prirode u vidu dužina konstrukcije manipulatora između čvorova 9-12 i 12-13 (sl.5),
- a_9 – maksimalna dužina cilindra C_2 .

Pored ograničenja (35), može se napisati i relacija kojom se definiše dopustivi hiperprostor:

$$a_{10} < z_3 < a_{11} \quad (36)$$

u kojoj figurišu konstantne veličine a_{10}, a_{11} koje onemogućavaju dobijanje nerealnih vrednosti parametra optimizacije z_3 , obzirom na uslove konstruktivne forme modela podizne platforme za statičku analizu /1/.

ZAKLJUČAK

Složeni mašinski sistem, kao što je izabrano tehničko rešenje mobilne podizne radne platforme, daje mogućnost izbora različitih objekata naučnog i stručnog interesovanja. Višekriterijumska optimizacija može da sadrži i uticaj trećeg pogonskog cilindra, ali i mnoge druge kriterijume.

Izabrani zadaci optimizacije obuhvataju neke probleme geometrijske forme tj. konstruktivne veze određenog broja pogonskih elemenata mahanizma za promenu visine i dohvata sa ostalim članovima kinematskog lanca podizne platforme.

Matematički modeli izabranih zadataka optimizacije definišu funkciju cilja na dva načina i to kao:

- 1) Složenu funkciju dvokriterijumske tehničke optimizacije koja uključuje značaj prosečne sile otpora pogonskog hidrocilindra i maksimalne sile otpora istog pogonskog cilindra koja se javlja jednog trenutka u nekom od položaja manipulatora. Značaj maksimalne sile u funkciji cilja određen je težinskim koeficijentom k_F .
- 2) Sumu kvadrata sila otpora na izabranom pogonskom cilindru koje se javljaju u slučaju

n različitih položaja manipulatora u funkciji uglova elevacije α, β, γ .

$$FC = \left(\frac{\sum_{i=1}^n F_{i(\alpha, \beta, \gamma)}^2}{n} \right)^{\frac{1}{2}} + k_F \cdot F_{Ci \max} \quad (37)$$

$$FC = \sum_{t=1}^r \sum_{k=1}^m \sum_{j=1}^p F_{Ci, t, k, j}^2 \quad (38)$$

Matematički modeli funkcija cilja i ograničenja izabranih zadataka optimizacije uključuju se u proces minimizacije uz primenu medote promene opsega tolerancije (*The Flexible Tolerance Method*) /3/.

Obzirom da funkcije cilja poseduju nelinearna ograničenja matematički model omogućuje da se u daljem istraživanju /1/ vrši minimizacija izvedenih matematičkih funkcija jednom od metoda uslovljenog nelinearnog programiranja tj. jednom od metoda direktnog pretraživanja (algoritam *Flexiplex* /3/).

Postavljeni matematički model koristi se u daljem istraživanju kao polazna osnova za izradu algoritma minimizacije u programskom jeziku *Fortran 90* (*Microsoft Fortran Power-Station 4.0*), odnosno za izračunavanje optimalnih vrednosti parametara optimizacije /1/.

LITERATURA

- /1/ Radoičić G., *Optimizacija noseće strukture mobilnih hidrauličnih platformi*, magistarska teza, Mašinski fakultet u Nišu, 2002.
- /2/ Jovanović M., *Teorija projektovanja konstrukcija računom*, Mašinski fakultet u Nišu, 1994.
- /3/ Himmelblau M., *Applied Nonlinear Programmin*, Mc-Graw Hill, New York, 1972.

THE MATHEMATICAL MODEL OF OPTIMIZATION ON MOBILE ELEVATING WORK PLATFORMS

In this paper is presented one possible mathematical model of optimization on mobile elevating work platforms. The model is designed on principles from a theory of optimization. Specially characteristics relating to object of study, the transport machine exactly, are contained in this model. The mathematical model described in this paper is used as like base to making the computer programme for optimal value calculation of optimization parameters.

Key words: mathematical model, optimization, optimization parameters, function of mark.

POUZDANOST I RASPOLOŽIVOST TRAMVAJSKOG VOZNOG PARKA GRADSKOG SAOBRAĆAJNOG PREDUZEĆA „BEOGRAD“

**Docent dr Dušan Milutinović, dipl.maš.inž.,
Institut „Kirilo Savić“**

**Nada Stanojević, dipl.maš.inž.,
Institut za istraživanja i projektovanja u privredi**

Tramvajski saobraćaj ima važno mesto u sistemu javnog gradskog prevoza u Beogradu. Međutim, zbog veoma nepovoljne starosne strukture, lošeg stanja tramvajskih pruga i kompletne infrastrukture, kao i sistema održavanja, koji zahteva značajno unapređenje, beogradski tramvaji su u vrlo lošem stanju, koje onemogućava zadovoljenje i sadašnjih, a pogotovo budućih prevoznih zahteva. Zbog toga je, svakako, bilo neophodno da se pristupi ozbiljnoj analizi mogućnosti obnove i unapređenja tramvajskog voznog parka. Ovaj rad daje rezultate analize stanja postojećeg tramvajskog voznog parka Gradskog saobraćajnog preduzeća, a posebno njegove pouzdanosti i raspoloživosti, kao osnove za definisanje tehničkog nivoa modernizacije postojećih vozila i tehničko - eksploatacijskih karakteristika novih tramvaja koji će se eventualno nabavljati u narednom periodu.

Ključne reči: šinsko vozilo, tramvaj, pouzdanost, raspoloživost

UVOD

Generalnim urbanističkim planom grada Beograda predviđeno je plansko rešenje javnog prevoza za 2021. godinu sa tri vida šinskog saobraćaja: gradska i prigradska železnica, kapacitetni laki šinski sistem (LRT) i tramvaj [2]. Danas, sva vozila na linijama javnog gradskog prevoza u Beogradu ukupno godišnje prevezu oko 500 miliona putnika, što predstavlja oko 450 vožnji po stanovniku. U ukupnom broju prevezenih putnika, autobuski prevoz učestvuje sa oko 75%, tramvaji i trolejbusi sa oko 22% i železnica sa samo oko 3%.

Obzirom da oko 18% od ukupnog broja prevezenih putnika koristi tramvaj kao prevozno sredstvo, ovaj vid saobraćaja ima važno mesto u sistemu javnog gradskog prevoza u Beogradu. Međutim, zbog veoma nepovoljne starosne strukture, lošeg stanja tramvajskih pruga i kompletne infrastrukture, kao i sistema održavanja, koji zahteva značajno unapređenje, beogradski tramvaji su u vrlo lošem stanju, koje onemogućava zadovoljenje i sadašnjih, a pogotovo budućih prevoznih zahteva. Zbog toga je, svakako, bilo neophodno da se pristupi ozbiljnoj analizi mogućnosti obnove i unapređenja tramvajskog voznog parka, pa su zbog toga gradski Sekretarijat za saobraćaj i njegova Direkcija za

javni prevoz pokrenuli i realizovali preko Instituta za istraživanja i projektovanja u privredi i Mašinskog fakulteta iz Beograda izradu studije „Cost-benefit analiza tramvajskog voznog parka“ [1]. Osnovni cilj studije je bio analiza varijantnih rešenja obnove i unapređenja tramvajskog voznog parka (remont ili modernizacija postojećih i/ili nabavka polovnih ili novih tramvaja) i definisanje osnova za donošenje odluke o usvajanju najpovoljnije varijante.

Jedan od značajnijih delova te studije je bila i analiza stanja postojećeg tramvajskog voznog parka Gradskog saobraćajnog preduzeća, a posebno njegove pouzdanosti i raspoloživosti, kao osnove za definisanje tehničkog nivoa modernizacije postojećih vozila i tehničko - eksploatacijskih karakteristika novih tramvaja koji će se eventualno nabavljati u narednom periodu. Rezultati te analize izneti su u ovom radu.

STANJE TRAMVAJSKOG VOZNOG PARKA GSP „BEOGRAD“

Struktura i starost

Tramvajski vozni park Gradskog saobraćajnog preduzeća „Beograd“ sada čini ukupno 222 tramvaja i 21 tramvajska prikolica, odnosno ukupno 243 vozila.

Sadašnja struktura tram-vajskog voznog parka po proizvođačima i tipovima vozila data je u Gradskog saobraćajnog preduzeća „Beograd“ tabeli 1.

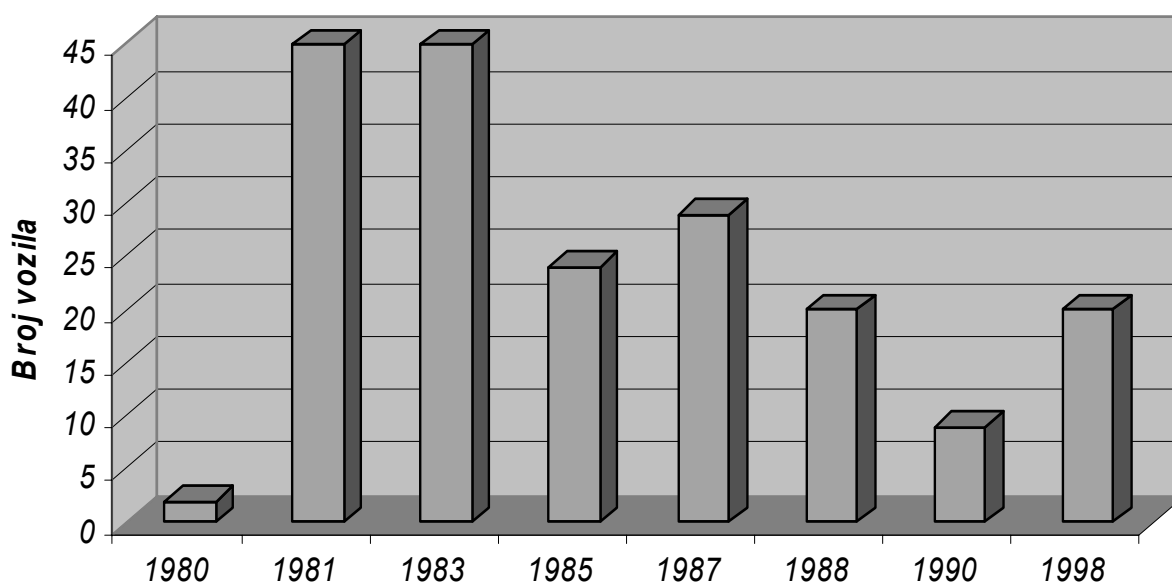
PROIZVOĐAČ	TIP	BROJ TRAMVAJA
ČKD	KT-4 M YUB	20
	KT-4 YUB M modernizovani	30
	KT-4 YUB remontovani	35
	KT-4 YUB neremontovani	109
	T4	1
DÜWAG	BE 4/4	1
	BE 4/6	26
	Prikolice	21
UKUPNO		243

Tabela 1: Struktura tramvajskog voznog parka

U trenutku izrade analize stanja tramvajskog voznog parka za potrebe cost-benefit analize mogućnosti njegove obnove, od ukupno 222 tramvaja, van saobraćaja je bilo 68 vozila od čega 24 zbog zamene ili obrade profila točkova, što znači da je 154 bilo raspoloživo za saobraćaj. Međutim, svakodnevno se zbog manjih neispravnosti iz saobraćaja isključi još 20-tak vozila, pa je ukupan broj tramvaja u saobraćaju još manji.

Na osnovu podataka iz tabele 1 vidi se da GSP „Beograd“ koristi tramvaje proizvedene u češkoj firmi ČKD nabavljene kao nove u periodu od 1980. do 1998. godine i tramvaje DÜWAG dobijene kao polovne iz švajcarske donacije.

Starosna struktura ČKD tramvaja prikazana je na slici 1 iz koje se vidi da je najveći broj tih tramvaja nabavljen u periodu od 1981. do 1983. godine (90tramvaja).

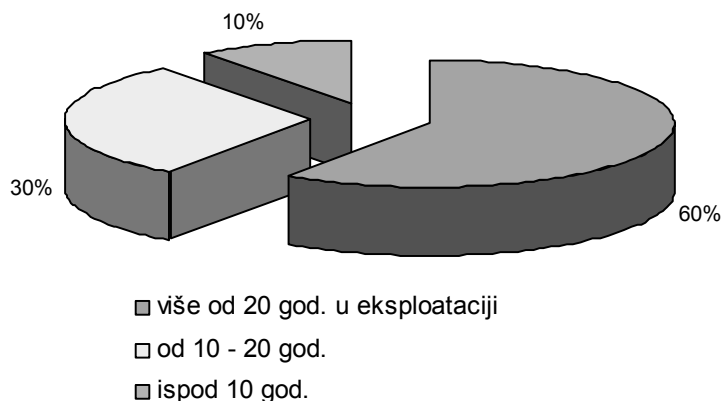


Slika 1: Starosna struktura po godini uključenja tramvaja u saobraćaj

Svih 194 ČKD tramvaja prešli su ukupno 174.698.097 km, ili 900.505,6 km po vozilu, a njihova prosečna starost, kada se posmatra vreme eksploatacije, je 19,26 godina, dakle skoro 20 godina.

Međutim, čak 60% ovih tramvaja je u eksploataciji više od 20 godina (slika 2), pri

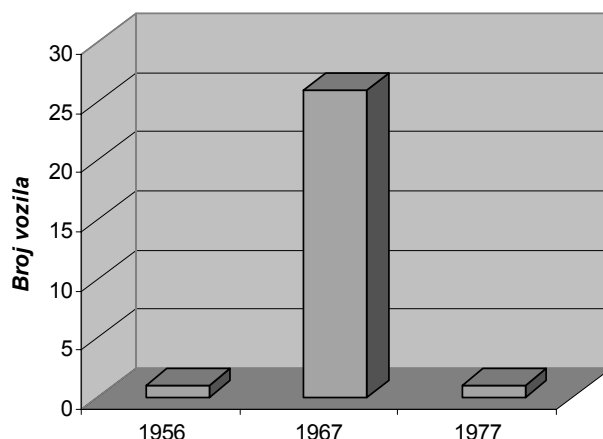
čemu je generalni remont izvršen na samo 65 tramvaja, uzimajući u obzir pri tome i 30 tramvaja koji su nedavno modernizovani od strane češke firme INEKON u saradnji sa našom firmom GOŠA kao podizvođačem. Na preostalih 35 tramvaja izvršen je samo osnovni remont.



Slika 2: Period eksploatacije ČKD tramvaja

Na slici 3 data je starosna struktura dela tramvajskog voznog parka dobijenog iz donacije polovnih tramvaja proizvođača DÜWAG i jednog tramvaja T-4 proizvođača ČKD. Kada se

ovi tramvaji klasifikuju po godini proizvodnje dobijamo starosnu strukturu predstavljenu slikom 3.



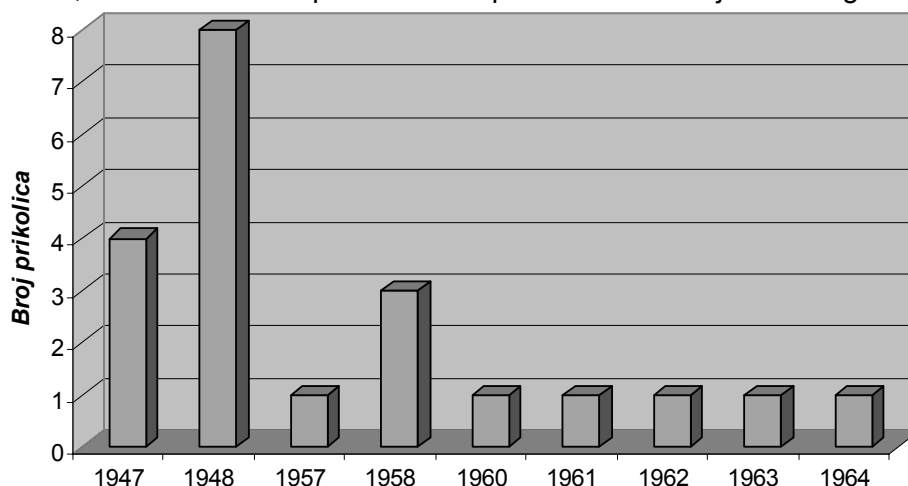
Slika 3: Starosna struktura Düwag tramvaja (po godini proizvodnje)

Ovih 27 tramvaja prešlo je ukupno 2.341.845 km (od datuma uključenja u saobraćaj u Beogradu), ili 86.735 km po vozilu, a njihova prosečna starost je 37,62 godine.

Tramvajske prikolice proizvođača DÜWAG isporučene su Beogradu zajedno sa tramvajima ovog proizvođača, i takođe kao polovne u

okviru donacije. Kada se prikolice klasifikuju po godini proizvodnje, dobijamo starosnu strukturu prikazanu na slici 4.

Ove prikolice su prešle ukupno 1.878.625 km (od datuma uključenja u saobraćaj u Beogradu), ili 89.458,33 km po vozilu, njihova prosečna starost je čak 52 godine.



Slika 4: Starosna struktura Düwag prikolica (po godini proizvodnje)

Održavanje tramvaja

Održavanje tramvaja predstavlja deo sistema održavanja i eksploatacije vozila koji je u GSP-u podeljen na 6 saobraćajnih pogona (4 autobuska i po jedan trolejbuski i tramvajski). Sistem održavanja je postavljen kao sistem preventivnog održavanja sa utvrđenim rokovima servisnih pregleda i glavne opravke (remonta) za sve vrste i tipove vozila. Korektivno održavanje bi trebalo da bude manjeg obima i uglavnom vezano za otklanjanje retkih neispravnosti nastalih u eksploataciji i otklanjanje posledica saobraćajnih udesa.

Svi radovi iz okvira preventivnog održavanja do glavne opravke i radovi korektivnog održavanja tramvaja obavljaju se u depou „Sveti Sava“ na Novom Beogradu i u depoima „Montaža“ i „Livnica“ na Dorćolu. U službi održavanja tramvaja ukupno je zaposleno 354 radnika, a samo 6 radnika je sa visokom stručnom spremom, a ostali su u najvećem broju kvalifikovani radnici.

Svi poslovi Sektora za održavanje tramvaja (sl. 5) podeljeni su na šest osnovnih procesa održavanja:

1. Preventivno i korektivno održavanje,
2. Organizacija, sakupljanje i izrada dokumentacije za preventivno održavanje,
3. Planiranje nabavki opreme, materijala i delova,
4. Magacinski poslovi,
5. Tehnička kontrola radova i delova, i
6. Tehnička statistika.

Ne zanemarujući značaj ostalih procesa, treba istaći aktivnosti koje se obavljaju u okviru procesa preventivnog i korektivnog održavanja. To su:

1. Preventivno održavanje (dnevni pregled, I servis do pređenih 5.000 km, II servis - do 25.000 km, III servis - do 75.000 km, IV servis - do 150.000 km, izrada zahteva za glavnu opravku, koja se obavlja nakon pređenih 600.000 km, i tehnički pregled),
2. Korektivno održavanje (dijagnostika otkaza, izrada naloga, rad na opravci i kontrola i zatvaranje naloga za opravku),
3. Postupak u slučaju sudara,
4. Regeneracija postojećih i izrada novih delova u sopstvenim radionicama, i
5. Terensko održavanje i održavanje na terminusima.

Procesi održavanja tramvajskog voznog parka u GSP-u se realizuju uz velike teškoće od kojih su najznačajnije: nemogućnost obezbeđenja kvalitetnih rezervnih delova, nedovoljan kapacitet i opremljenost postojećih depoa za održavanje, nedostatak savremenog informacionog sistema o održavanju i nedostatak kompletne tehničke dokumentacije za održavanje.

Zbog toga opšte stanje sistema održavanja tramvajskog voznog parka u GSP-u nije zadovoljavajuće i zahteva dalje unapređenje, pa se nameće zaključak da se, paralelno sa postupkom obnove tramvajskog voznog parka, mora hitno pokrenuti i postupak obnove kapaciteta za održavanje, uz odgovarajuće promene u kvalitetu održavanja.

Remont i modernizacija tramvaja

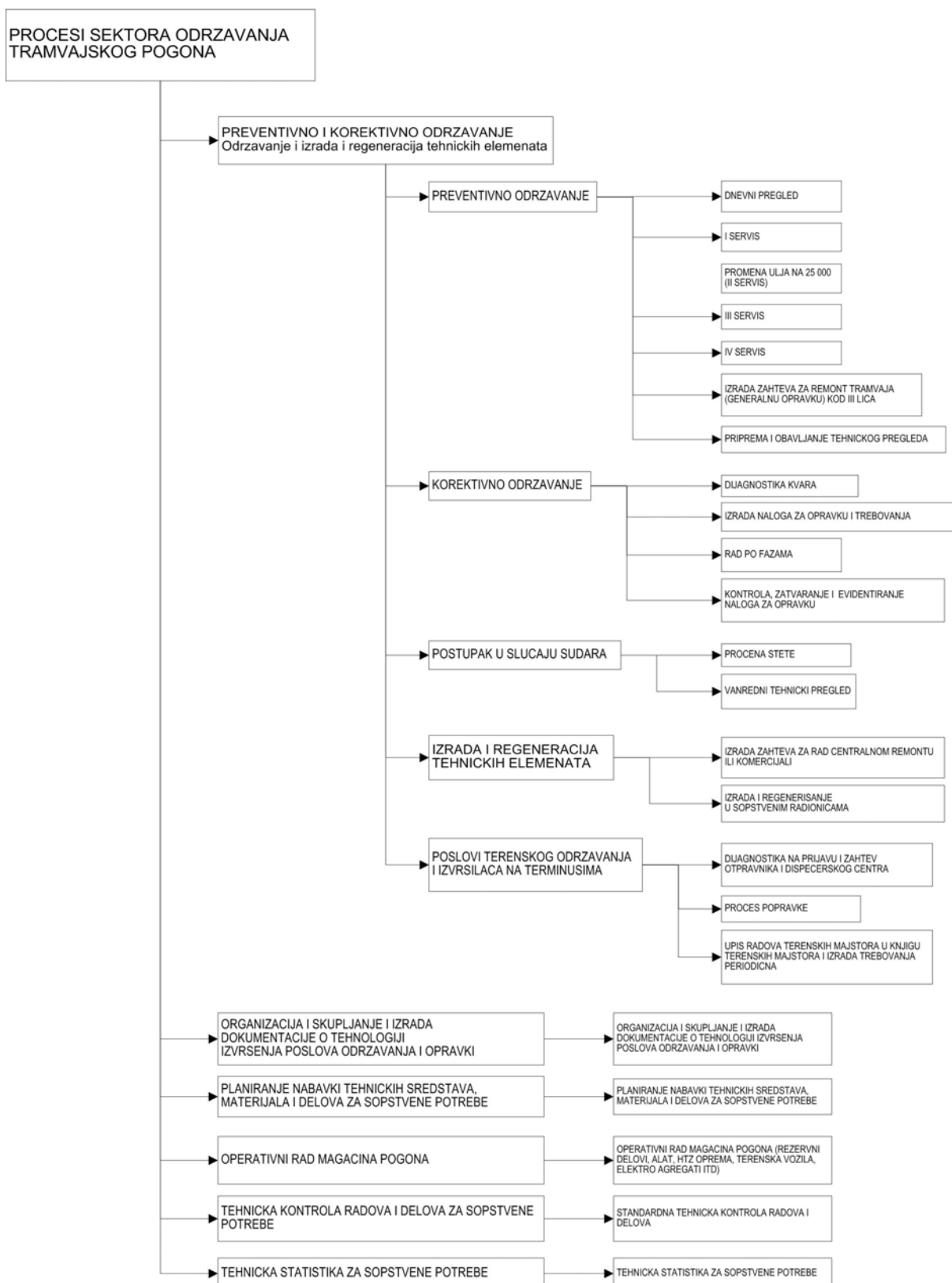
Iako glavna opravka, odnosno remont predstavlja jedan od osnovnih procesa održavanja, remont tramvaja je posebno analiziran i izdvojen u posebnu tačku zbog toga što se u okviru njega najčešće realizuju i rekonstrukcije (modifikacije i modernizacije) u cilju poboljšanja efektivnosti tramvaja.

U dosadašnjoj eksploataciji tramvajskog voznog parka GSP-a realizovani su:

1. Remont bez modernizacije (sa modifikacijama manjeg značaja) tramvaja KT-4 YUB (35 remontovanih tramvaja u periodu od 1991. godine do danas) i tramvaja DÜWAG (11 tramvaja u periodu od 2002. godine do danas) i
2. Modernizacija tramvaja KT-4 YUBM (30 - u periodu od 2002. do 2003. godine).

Remont tramvaja KT-4 YUB bez modernizacije obavljan je u firmama: GOŠA iz Smederevske Palanke, MIN iz Niša, ŽELVOZ iz Smedereva i ŠINVOZ iz Zrenjanina, a osnovni sadržaj obavljenih radova je bio [3]:

1. Demontaža, čišćenje, zamena oštećenih i pohabanih delova svih uređaja i opreme na vozilu,
2. Provera delova i sklopova po postojećim mernim listama,
3. Ispitivanja osnovnih delova, sklopova, uređaja i opreme kao što su: amortizeri, opruge podsistema za ogibljenje, otpornici, vučni motori, glavni prekidač, elektronski delovi u ormarima I - IX, šinska i kardanska kočnica, kao i završna radionička ispitivanja i probna vožnja,



Slika 5: Poslovi Sektora za održavanje tramvaja GSP-a

4. Zamena svih gumenih i gumeno-metalnih elemenata, i

5. Generalna opravka sanduka, koja podrazumeva popravku svih oštećenja, skidanje stare

boje do čistog lima i nakon toga bojenje osnovnom i završnom bojom.

Modernizacija 30 tramvaja KT-4 YUBM obavljena je u periodu od 2002. do 2003. godine, nakon sprovedenog tendera na kome je posao

dobila firma INEKON iz Češke sa našom firmom GOŠA iz Smederevske Palanke kao podizvođačem. Remont vozila u celini i modernizacija osnovnih podsistema, uređaja i opreme sa najvećim brojem otkaza u dotadašnjoj eksploataciji trebalo je da obezbedi značajno veću pouzdanost i raspoloživost tramvaja. Osnovni sadržaj modernizacije je bio sledeći [4]:

1. Ugradnja tranzistorskog sistema IGBT - TV PROGRESS (ALSTOM) za kontinualnu regulaciju glavnog pogona,
2. Ugradnja statičkog pretvarača SMTK 8.0 za pomoćne pogone,
3. Ugradnja dijagnostičkog sistema,

4. Ugradnja novog informacionog sistema za putnike BUSE, sa info - panelom BS 120,
5. Delimična rekonstrukcija čela tramvaja,
6. Nove stepenice od kvalitetnog čelika,
7. Novi pregradni zid kabine vozača sa novim vratima kabine,
8. Novi mehanizam za otvaranje vrata za putnike,
9. Ugradnja novih modifikovanih sedišta za putnike.

U tabeli 2 dati su osnovni podaci o modernizovanim tramvajima (garažni broj, godina proizvodnje, datum puštanja u saobraćaj nakon modernizacije, ukupan pređeni put od modernizacije, broj dana van saobraćaja nakon modernizacije i raspoloživost za svaki od tramvaja).

Redni broj	Garažni broj	Godina proizvodnje	Datum puštanja u saobraćaj nakon modernizacije	Pređeni put od modernizacije [km]	Broj dana van saobraćaja	Raspoloživost tramvaja [%]
1	201	1981	27.1.2003.	107.520	197	67.86
2	210	1981	2.9.2002.	128.449	207	72.76
3	216	1981	2.6.2003.	116.304	66	86.45
4	220	1981	21.5.2002.	125.912	116	86.46
5	226	1981	15.1.2004.	76.702	19	92.69
6	232	1981	13.1.2003.	80.237	339	45.93
7	246	1981	31.8.2002.	97.503	151	80.18
8	262	1983	11.9.2003.	108.039	45	88.34
9	265	1983	10.11.2003.	99.168	10	93.93
10	275	1983	10.11.2003.	99.933	16	95.09
11	276	1983	5.11.2002.	88.228	208	70.11
12	287	1983	2.9.2002.	96.479	382	49.74
13	289	1983	27.1.2003.	106.063	207	66.23
14	294	1983	5.11.2002.	78.271	194	72.13
15	299	1983	2.6.2003.	45.166	330	22.24
16	310	1983	1.4.2002.	135.190	271	70.35
17	315	1985	17.6.2002.	120.789	227	72.88
18	318	1985	1.4.2003.	99.560	206	62.48
19	320	1985	1.4.2003.	103.337	157	71.40
20	321	1985	11.9.2003.	80.757	180	53.37
21	322	1985	6.1.2003.	106.051	134	78.86
22	323	1985	15.1.2004.	79.103	19	92.69
23	333	1985	21.2.2004.	73.526	19	91.48
24	344	1987	1.4.2002.	137.724	254	72.21
25	345	1987	17.6.2002.	92.874	255	68.40
26	350	1987	13.1.2003.	140.839	83	86.76
27	351	1987	6.1.2003.	109.127	204	67.82
28	382	1988	31.8.2002.	95.116	156	79.53
29	387	1988	21.2.2004.	69.432	19	91.48
30	390	1988	21.5.2002.	146.970	173	79.98

Tabela 2: Modernizovani tramvaji KT-4 YUBM

U cilju kompletnije i objektivnije analize stanja tramvajskog voznog parka, posebno su detaljnije analizirani modernizovani tramvaji KT-4 YUBM. Na osnovu podataka, koji su prikazani u tabeli 2, došlo se do sledećih zaključaka:

- 30 generalno remontovanih i modernizovanih tramvaja je prešlo ukupno 3.044.369 km (od datuma uključenja u saobraćaj posle generalnog remonta do 28.02.2005. godine), ili prosečno 101.478,97 km/po vozilu,
- Broj dana van saobraćaja ovih tramvaja je ukupno 4844 dana (od datuma uključenja u saobraćaj posle generalnog remonta do 30.09.2004. godine), ili prosečno 161,47 dana/po vozilu,
- Kada se prethodno dobijeni broj dana van saobraćaja podeli sa ukupnim brojem dana u posmatranom periodu (i to tačno preračunato za svako vozilo, jer nisu sva vozila vraćena isti dan u saobraćaj posle generalnog remonta), dobija se da je, posle modernizacije, 30 generalno remontovanih i modernizovanih tramvaja van saobraćaja bilo prosečno 25,24 % od ukupnog broja dana, odnosno tramvaji nisu radili svaki četvrti dan.

Na to ukazuju i posebno obrađeni podaci o raspoloživosti modernizovanih tramvaja dati u poslednjoj koloni tabele 2. Uočava se značajno rasipanje podataka o raspoloživosti modernizovanih tramvaja oko srednje vrednosti od 74,33%.

Zbog toga, GSP nije zadovoljan rezultatima modernizacije, a od većeg broja neispravnosti koje su se javile u eksploataciji posebno treba istaći:

- Otkazi na većini reduktora usled lošeg kvaliteta konusno - tanjirastih zupčastih parova i nekvalitetne popravke kućišta reduktora,
- Loša antikorozivna zaštita sanduka i oplata,
- Mali vek trajanja točkova: obrada profila točkova je rađena posle 40000-60000 pređenih km, zamena na oko 120000 km,
- Česti lomovi poluge vrata i učestali kvarovi na mehanizmu vrata,
- Česti otkazi na vučnim motorima,
- Neadekvatna zaptivenost, usled čega dolazi do prodora vode u unutrašnjost tramvaja,

- Pojava zazora na mestima veze kvačila i šasije tramvaja,
- Nekvalitetne šarke na poklopcima,
- Sedišta za putnike loše pričvršćena za pod tramvaja,
- Na pult vozača ugrađeni su nekvalitetni tasteri,
- Pedale za vuču i kočenje često zaglavljaju,
- Naprsline i lomove gornjeg dela noseće konstrukcije sanduka u zoni tzv. „harmone“.

Međutim, veći deo navedenih nedostataka je već otklonjen, a potrebno je napomenuti da bi njih bilo znatno manje da je u periodu razvoja modernizovanog tramvaja predviđena faza za izradu i eksploatacijsko ispitivanje prototipa u okviru koga bi najveći broj nedostataka i neispravnosti bio uočen i otklonjen. Tako bi serijski modernizovani tramvaji ušli u eksploataciju sa otklonjenim nedostacima i značajno većom pouzdanošću i raspoloživošću.

POUZDANOST I RASPOLOŽIVOST POSTOJEĆEG TRAMVAJSKOG VOZNOG PARKA

Pouzdanost i raspoloživost postojećeg tramvajskog voznog parka je analizirana na osnovu podataka koji su dobijeni od GSP-a i obrađeni za relativno kratko vreme planirano za izradu tog dela „Cost-benefit analize tramvajskog voznog parka“. Na osnovu dobijenih podataka, trebalo je utvrditi karakteristike pouzdanosti i raspoloživosti tramvajskog voznog parka, a težilo se i ostvarenju još dva cilja:

- Utvrđivanju razlike u pouzdanosti i raspoloživosti različitih grupa vozila u voznom parku, koje su formirane po tipu i nivou modernizacije (tabela 3). Analiza je trebalo da pokaže razlike u pouzdanosti i raspoloživosti koje opravdavaju modernizacije višeg nivoa sa visokim vrednostima pouzdanosti pojedinih podsistema tramvaja.
- Dobijanju odgovora na pitanje koji od podsistema, uređaja i opreme u odabranim grupama tramvaja imaju najveći broj otkaza u dosadašnjoj eksploataciji. Napravljena je analiza otkaza (tabela 4) koja je trebalo da ukaže na najnepouzdanije podsisteme i potrebu za njihovom rekonstrukcijom, odnosno modernizacijom.

Godina	Prosečan broj tramvaja		Ukupan broj dana		Ukupno pređeno km	Ukupan broj otkaza	Broj otkaza na 100.000 km	Raspoloživost
	u saobraćaju	van saobraćaja	u saobraćaju	van saobraćaja				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Novi tramvaji KT-4M YUB, garažni broj: 401-420 (20 vozila):								
2003	17,08	2,92	5.661	1.639	435.164	203	46,65	0,78
2004	18	2	6.452	848	442.488	239	54,01	0,88
Modernizovani tramvaji KT-4 YUBM, INEKON-GOŠA (30 vozila):								
2003	16	14	4.156	6.794	896.803	713	79,50	0,38
2004	25	5	7.887	3.063	1.627.949	1.152	70,76	0,72
Remontovani tramvaji KT-4 YUB, GOŠA, MIN, ŽELVOZ, ŠINVOZ (35 vozila):								
2003	32,75	1,25	9.221	3.189	1.638.922	5.368	327,53	0,74
2004	30,5	3,5	9.209	3.201	1.677.332	4.106	244,79	0,74
Neremontovani tramvaji KT-4 YUB (109 vozila):								
2003	95,83	14,17	28.676	11.474	5.166.279	16.418	317,79	0,71
2004	89,83	20,17	27.145	13.005	5.125.208	12.438	242,68	0,68
Tramvaji DÜWAG (27 vozila):								
2003	20,42	6,58	6.328	3.527	786.135	693	88,15	0,64
2004	24,58	2,42	7.734	2.121	1.022.889	745	72,83	0,78

Tabela 3: Pouzdanost i raspoloživost tramvajskog voznog parka GSP-a

Rezultati sprovedenih analiza pouzdanosti i raspoloživosti prikazani su u tabeli 3, u kojoj su dati podaci za 2003. i 2004. godinu koji se odnose na: prosečan broj tramvaja i ukupan broj dana u saobraćaju i van saobraćaja, ukupan pređeni put i ukupan godišnji broj otkaza. Na kraju tabele dati su izračunati brojevi otkaza na pređenih 100.000 km, kao mera pouzdanosti, i izračunate eksploatacione (operativne) raspoloživosti na osnovu ukupnog broja dana van saobraćaja, koji obuhvata vremena zastoja zbog preventivnog i korektivnog održavanja i logističko i administrativno vreme zastoja. Kao što je već rečeno analiza je rađena za posebno formirane grupe tramvaja i to:

1. grupu relativno novih tramvaja KT-4M YUB sa kontinualnom regulacijom pogona, puštenih u saobraćaj 1998. godine,
2. grupu tramvaja KT-4 YUBM modernizovanih od strane firme INEKON i GOŠA, takođe sa kontinualnom regulacijom pogona, puštenih u saobraćaj u periodu od 2002. do 2003. godine,

3. grupu tramvaja KT-4 YUB remontovanih kod nas (GOŠA, MIN, ŠINVOZ i ŽELVOZ) i puštenih u saobraćaj nakon remonta u periodu od 1991. godine do danas,
4. grupu neremontovanih tramvaja KT-4 YUB puštenih u saobraćaj u periodu od 1980. do 1991. godine, i
5. grupu tramvaja DÜWAG, puštenih u saobraćaj kod nas u periodu od 2001. do 2003. godine.

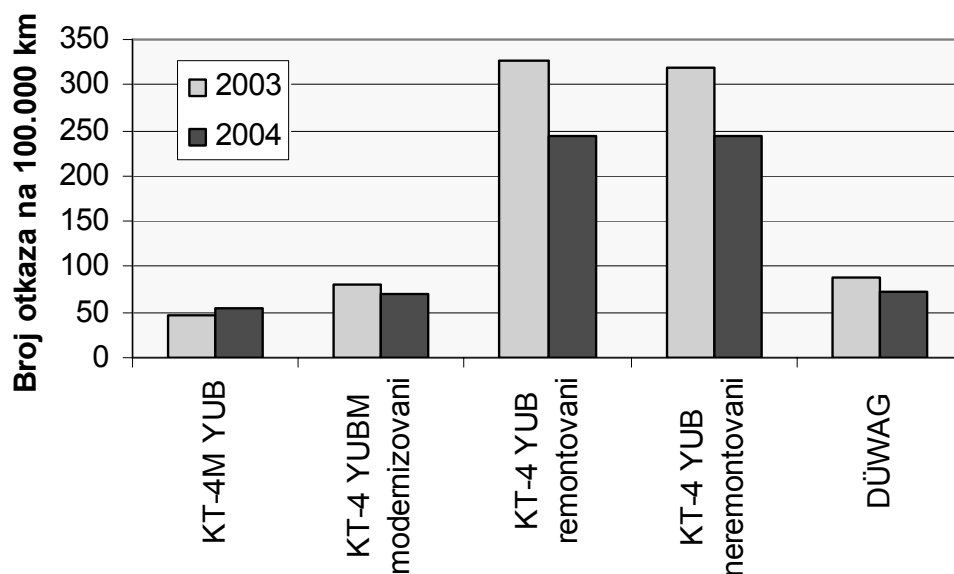
U sprovedenim analizama pouzdanosti, kao otkaz, usvojena je neispravnost tramvaja čija je posledica njegovo isključenje iz saobraćaja i odvlačenje u depo. Zbog toga je vrlo interesantan pregled broja isključenja tramvaja po mesecima u periodu od oktobra 2004. do marta 2005. godine dat u tabeli 5. Na osnovu podataka iz tabele može se videti da je prosečan broj isključenja tramvaja iz saobraćaja na mesečnom nivou 1399. Radi se o veoma visokom broju isključenja, koji je zabrinjavajući i indikativan sa stanovišta otkaza, odnosno pouzdanosti i raspoloživosti tramvajskih vozila.

Mesec	Oktobar 2004	Novembar 2004	Decembar 2004	Januar 2005	Februar 2005	Mart 2005	Prosečno mesečno
Broj isključenja	1118	1368	1481	1407	1516	1506	1399

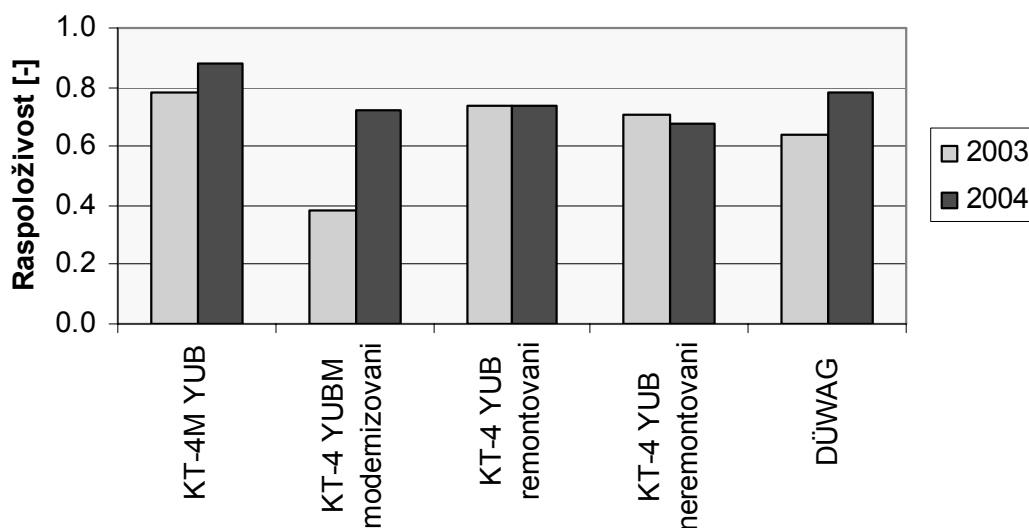
Tabela 5: Broj isključenih tramvajskih vozila od oktobra 2004. do marta 2005. godine

Zbog toga, rezultati proračuna pouzdanosti i raspoloživosti pokazuju izuzetno niske vrednosti pouzdanosti, odnosno može se slobodno reći da je utvrđen vrlo veliki broj otkaza na 100.000 km pređenog puta (za grupe nerezmontovanih i remontovanih nemodernizovanih tramvaja i preko 300 otkaza/100.000 km u 2003. godini). Međutim, odmah se mogu uočiti značajne razlike u pouzdanosti novih tramvaja KT-4M YUB i modernizovanih tramvaja KT-4 YUBM u odnosu na ostale grupe tramvaja istog tipa (tabela 3 i slika 6). Najveća razlika u pouzdanosti je između novih tramvaja i nerezmontovanih (54,01 u odnosu na 242,68

otkaza na 100.000 km u 2004. godini), što je logičan rezultat, koji pokazuje uticaj savremenije konstrukcije tramvaja (posebno savremene regulacije pogona) na nivo pouzdanosti i opravdava uvođenje savremene kontinualne regulacije pogona u cilju smanjenja broja otkaza. Interesantno je da u obe posmatrane godine remontovani nemodernizovani tramvaji pokazuju nešto manju pouzdanost od nerezmontovanih tramvaja (244,79 u odnosu na 242,68 otkaza na 100.000 km u 2004. godini), što sigurno dovoljno govori o kvalitetu obavljenih remonta.



Slika 6: Broj otkaza tramvaja GSP-a na pređenih 100.000 km u 2003. i 2004. godini



Slika 7: Raspoloživost tramvaja GSP-a u 2003. i 2004. godini

Detaljnija analiza rezultata proračuna raspoloživosti mogla bi da pokaže i dokaže uticaj karakteristika procesa održavanja na raspoloživost. Međutim, i na osnovu dobijenih podataka (tabela 3 i slika 7) može se videti da pouzdaniji tehnički sistemi ne zahtevaju obimnije održavanje, pa je raspoloživost novih tramvaja uočljivo veća nego raspoloživost ostalih definisanih grupa, a posebno grupe neremontovanih tramvaja (0,88 u odnosu na 0,68 u 2004. godini).

Analiza rezultata proračuna pouzdanosti i raspoloživosti po godinama pokazuje da se oni značajnije menjaju, iako je posmatrani period samo dve godine. Razlozi su različiti, ali je jedan od najvažnijih primenjeni sistem održavanja. Indikativni primer su modernizovani tramvaji KT-4 YUBM za koje se za godinu dana značajno povećala pouzdanost, a drastično raspoloživost (sa 0,38 u 2003. na 0,72 u 2004. godini), što pokazuje, pre svega, uticaj završavanja prototipskog razvoja u toku eksploatacije (naknadne rekonstrukcije i ispravljanje uočenih nedostataka - u periodu uključivanja modernizovanih tramvaja u saobraćaj neki od otkaza, umesto da su otklanjani na liniji, otklanjani su u depou uz obaveznu superviziju izvršioca modernizacije), a onda i poboljšanja sistema održavanja. S druge strane, poboljšanje efikasnosti održavanja je uticalo i na povećanje pouzdanosti i raspoloživosti tramvaja DÜWAG.

Rezultati analize učestalosti pojave otkaza po pojedinim podsistemima, uređajima i opremi tramvaja prikazani su u tabeli 4 za 2003. i 2004. godinu. Prema rezultatima iz tabele, podsistemi, uređaji i oprema sa najviše otkaza kod remontovanih nemodernizovanih i neremontovanih tramvaja KT-4 YUB su: električna kočnica, prekostrujna zaštita i tzv. „spoting“ (34,3% ukupnog broja otkaza u 2004. godini), kardanska kočnica (24,1%), regulacija glavnog pogona (22%), vrata (17,4%) i električne instalacije (6,4%). To su podsistemi, uređaji i oprema od kojih je većina bila rekonstruisana u okviru dosadašnjih glavnih opravki (remonta) i modernizacija.

Zbog sprovedenih poboljšanja, pre svega u podsistemu za regulaciju pogona, stanje otkaza po podsistemima, uređajima i opremi tramvaja KT-4M YUB i modernizovanih tramvaja KT-4 YUBM se razlikuje u odnosu na stanje remontovanih nemodernizovanih i neremo-

ntovanih tramvaja. Naime, otkazi su se najčešće javljali na: vratima (33,3% otkaza u 2004. godini), regulaciji glavnog pogona (21%), kardanskoj kočnici (18,3%), električnim instalacijama (9,5%) i pantografu (6,4%), s tim što treba reći da je kod tramvaja KT-4M YUB, kada se odvojeno posmatra, na prvom mestu po broju otkaza i dalje regulacija glavnog pogona.

Kod DÜWAG tramvaja vrata su podsistem sa najvećim brojem otkaza u 2004. godini (26,1%), pa onda slede: pantograf (16,9%), vazдушna instalacija (12,8%), regulacija glavnog pogona (11%) i električna instalacija (5,2%).

Analiza promene strukture najučestalijih otkaza po godinama pokazuje da se ona uglavnom nije promenila u 2004. u odnosu na 2003. godinu (prvih pet podsistema sa najčešćim otkazima su ostali isti).

Sprovedena analiza pouzdanosti i raspoloživosti postojećeg tramvajskog voznog parka GSP-a jasno ukazuje na pravce njegove modernizacije u budućnosti, a može da posluži i kao osnova za definisanje tehničkih zahteva za nabavku novih tramvaja.

ZAKLJUČCI

Uzimajući u obzir postavljene ciljeve analize pouzdanosti i raspoloživosti tramvajskog voznog parka Gradskog saobraćanog preduzeća „Beograd“, na osnovu dobijenih rezultata mogu se postaviti sledeći zaključci:

1. Dobijeni rezultati jasno pokazuju značajno veće nivoe pouzdanosti tzv. novih KT-4M YUB i modernizovanih tramvaja KT-4 YUBM (obe grupe tramvaja imaju kontinualnu regulaciju pogona) u odnosu na remontovane i neremontovane tramvaje KT-4 YUB. U odnosu na ostale posmatrane grupe nivoi raspoloživosti su značajno veći samo kod tramvaja KT-4M YUB, ali niža raspoloživost modernizovanih tramvaja KT-4 YUBM sigurno je posledica nerealizovanog prototipskog razvoja, pa se slobodno može reći da će nakon procesa otklanjanja uočenih nedostataka i ta grupa tramvaja imati visoke nivoe raspoloživosti. Sve u svemu, dobijeni rezultati potvrđuju opravdanost modernizacije postojećih tramvaja, posebno u delu koji se odnosi na uvođenje kontinualne regulacije pogona.

Tabela 4: Broj otkaza na pređenih 100.000 km po podsystemima, uređajima i opremi za 2003. i 2004. godinu

	Godina	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
		Obrtna postolja	Kardanska kočnica	Šinska kočnica	Vrata	Osvetljenje	Grejanje	Oprema kabine vozača	Peskar	Platforma	Pantograf	Kvačilo (kupa)	Regulacija vučnog pogona	Električna kočnica, prekostrujna zaštita i "spoting"	Motor-generator	Motor-ventilator	Dijagnostički sistem	Električne instalacije	Akumulatorska baterija	Ostalo (elektro-radovi)	Ostalo (bravarski radovi)	Vazдушna instalacija	UKUPNO
KT-4M YUB	2003	0,23	4,60	0,23	5,29	0	0,23	0	0,23	0	5,37	0,23	18,15	2,07	0,69	0,92	1,38	4,83	0,23	0	1,38	0	46,65
	2004	0,23	7,46	0,45	11,30	0,23	0,68	0	0	0	3,62	0,45	16,95	2,49	0,45	1,36	2,03	3,16	0,90	0,90	1,36	0	54,01
Modernizovani KT-4 YUBM	2003	0,45	16,50	1,23	31,44	0,11	0,22	0,22	0,78	0	3,68	0,33	12,60	1,67	0,45	0,11	0,56	7,36	0,11	0,33	1,34	0	79,50
	2004	0,43	14,13	1,04	25,62	0,18	0,86	1,04	0,37	0,43	2,95	0,18	13,45	1,97	0	0,06	1,29	4,18	0,18	0,55	1,84	0	70,76
Remontovani KT-4 YUB	2003	4,03	70,29	4,21	41,73	3,72	8,60	6,16	2,01	0,85	7,38	1,71	54,73	100,8	0,79	0,49	0	15,13	0,31	0,12	4,45	0	327,53
	2004	2,74	27,36	2,03	43,82	2,15	5,12	5,72	1,13	0,89	6,74	0,95	45,97	77,21	2,21	0,72	0	15,86	0,54	0,42	3,22	0	244,79
Neremontovani KT-4 YUB	2003	5,01	54,80	4,28	42,45	3,83	8,19	4,70	1,61	1,22	9,02	1,72	53,08	104,1	1,63	0,39	0,04	15,58	0,12	0,41	5,59	0	317,79
	2004	4,23	25,17	2,44	37,40	2,42	6,28	5,97	1,17	0,92	6,67	1,17	43,20	85,48	1,66	0,90	0,02	12,58	0,86	0,70	3,43	0	242,68
DÜWAG	2003	0,51	0,13	1,27	23,02	2,29	1,65	1,52	2,54	0,51	14,88	0,13	9,67	3,05	0	0	0,13	4,58	0,25	1,14	9,54	11,32	88,15
	2004	1,76	0,59	1,86	18,57	1,17	0,88	1,47	0,78	0,68	8,99	0,10	7,04	3,13	0	0	0,10	8,41	0,39	0,39	7,63	8,51	72,83

2. Uvođenjem viših nivoa modernizacije, odnosno modernizacije svih osnovnih podsistema sa najvećim učešćem neispravnosti (glavni pogon, vrata, kardanska kočnica, ...) dalje će se povećati pouzdanost tramvaja u celini, a uz uvođenje savremenih tehnologija održavanja i eksploataciona raspoloživost. Dakle, analiza pouzdanosti i raspoloživosti pokazuje da se realizacijom nivoa modernizacije viših od već realizovanog (KT-4 YUBM) mogu postići značajno više vrednosti pouzdanosti i raspoloživosti.
3. Sprovedena analiza je potvrdila i uticaj kvaliteta održavanja na raspoloživost. Primer su DÜWAG tramvaji čija se raspoloživost povećala u 2004. godini (na 0,78) u odnosu na 2003. godinu (0,64) zahvaljujući boljoj obučenosti ekipa za održavanje. Slično je i sa tzv. novim tramvajima KT-4M YUB, čija je raspoloživost povećana u 2004. godini na čak 0,88 (u odnosu na 0,78 u 2003. godini) iako je pouzdanost u tom periodu nešto smanjena, odnosno povećan broj otkaza na 100.000 km od 46,65 u 2003. na 54,01 u 2004. godini.

LITERATURA

- /1/ B. Vasić i dr.: Cost-benefit analiza tramvajskog voznog parka, Institut za istraživanja i projektovanja u privredi, Mašinski fakultet, Beograd, 2005.
- /2/ Generalni urbanistički plan Beograda 2021

- /3/ Obim radova i specifikacija obavezno za-menljivih delova i materijala za generalni re-mont tramvaja KT-4, Tehnička dokumentacija, GSP Beograd
- /4/ Generalna popravka i modernizacija tram-vaja KT-4 YUB, Tehnička dokumentacija, GSP Beograd

RELIABILITY AND AVAILABILITY OF BELGRADE PUBLIC TRANSPORTATION TRAMWAY ROLLING STOCK

Trams have very important part in Belgrade public transportation system. However, because of unfavorably tram ageing structure, poor condition of rails as well as complete rail infrastructure and maintenance system that requires meaningful improvement, Belgrade trams are in very unsatisfactory shape which disables fulfillment of transport requirements even today and especially in the future. Because of all above said it was important to analyze possibilities for renewal and modernization through serious feasibility study. This paper shows results of the existing Belgrade tram rolling stock condition analysis. Special attention was given to the reliability and availability of tram rolling stock as a foundation for defining technical level of the potential modernization as well as technical and exploitation characteristics of new tram cars that could be purchased in the next period.

Key words: rail vehicle, tram, reliability, availability

RAČUNAROM PODRŽANA SIMULACIJA PONAŠANJA STATIČKI OPTEREĆENOG PNEUMATIKA

**Mr Nikola Korunović,
Prof. dr Miroslav Trajanović,
Mr Miloš Stojković,
Mašinski fakultet u Nišu**

Projektovanje pneumatika može se značajno unaprediti u smislu povećanja kvaliteta pneumatika i skraćivanja procesa projektovanja, upotrebom savremenih metoda za računarom podržanu simulaciju njegovog ponašanja pri eksploataciji. Ove metode omogućavaju da se, primenom virtuelnih prototipova, za mnogo kraće vreme ispita mnogo veći broj konstruktivnih rešenja, pri čemu se prate parametri koji ukazuju na odziv pneumatika pri dejstvu mehaničkog opterećenja (npr. krutost, ugib) kao i izdržljivost budućeg pneumatika.

U radu su prikazani rezultati simulacija ponašanja pneumatika u toku montaže, napumpavanja i spuštavanja na podlogu pod dejstvom vertikalnog opterećenja. Simulacije su vršene na računarskim modelima pneumatika razvijenim od strane autora, pri čemu je korišćen metod konačnih elemenata (MKE). Namera autora je da dokaže izuzetnu upotrebljivost ovakvih analiza u procesu projektovanja pneumatika.

Ključne reči: pneumatik, statičko opterećenje, računarska simulacija

UVOD

Jedan od osnovnih problema koji se javlja u toku procesa projektovanja pneumatika, jeste predviđanje uticaja promene konstrukcionih parametara pneumatika na njegovu izdržljivost i mehaničko ponašanje pri eksploataciji. Ovo je posledica složenosti strukture pneumatika, kao i uslova eksploatacije za koje je predviđen. Matematički modeli pneumatika, koji se koriste uglavnom u automobilske industriji, nisu adekvatni za primenu u projektovanju pneumatika, pošto ne opisuju detaljno njegovu strukturu. Tako je ovaj proces i dalje u velikoj meri zasnovan na iskustvu i viziji projektanta. U toku projektovanja pneumatika kreira se veliki broj fizičkih prototipova, čije ispitivanje pomaže u određivanju njegovog konačnog dizajna. Vreme potrebno za izradu i ispitivanje prototipova, u velikoj meri produžava sam proces.

Ipak, primenom savremenih, računarom podržanih postupaka, projektovanje pneumatika se može značajno ubrzati. S jedne strane, moguće je značajno skratiti proces definisanja geometrije pneumatika i to upotrebom parametarskog projektovanja kao i raspoloživog projektantskog znanja. U ovu svrhu koriste se računarski programi namenjeni podršci istraživanja i projektovanja za privredu 10 /2005

projektovanju proizvoda - parametarski CAD sistemi [Trajanović05]. Kako je uloga pneumatika na vozilu krajnje odgovorna, neophodno je sa sigurnošću utvrditi da će on zadovoljiti sve svoje funkcije. Stoga drugi pravac razvoja procesa projektovanja podrazumeva upotrebu simulacija odziva strukture pneumatika, koje se vrše na računarskim modelima (digitalnim prototipovima). Ove simulacije se najčešće vrše primenom metoda konačnih elemenata (MKE). Ni ovakvi postupci ne eliminišu u potpunosti potrebu za fizičkim prototipovima, ali se na ovaj način njihov broj značajno smanjuje.

Ovaj tekst rezultat je višegodišnjeg rada autora, u okviru nekoliko projekata*. Primarni cilj istraživanja, čiji su rezultati opisani u radu, bio je razvoj dovoljno pouzdanog računarskog modela namenjenog analizi ponašanja pneumatika pri eksploataciji, kao i upotreba ovog modela za analizu ponašanja pneumatika izloženog dejstvu statičkih opterećenja.

*"Projektovanje i analiza automobilske pneumatika", 1997-2001, interni projekat fabrike TIGAR i MF Niš, "Računarski podržan razvoj pneumatika", projekat kofinansiran od strane Ministarstva nauke i zaštite životne sredine i fabrike TIGAR Pirot, 2002-2004.

Sekundarni cilj bio je da se uspostave metod za određivanje podataka potrebnih za analizu i metod za analizu, takvi da oni mogu da postanu sastavni deo rutinskih aktivnosti pri projektovanju pneumatika.

Različiti tipovi MKE analiza koji se mogu koristiti za simulaciju mehaničkog ponašanja pneumatika opisani su detaljnije u radu [Korunović03]. Potpuno opisivanje ponašanja pneumatika u toku eksploatacije zahteva multidisciplinarni pristup, koji se bavi pojavama dinamičke i termičke prirode kao i strujanjem fluida. Međutim, namera autora je da kroz praktične rezultate pokažu da i analiza statičkog ponašanja MKE modela pneumatika može poslužiti kao veoma koristan alat za podizanje efikasnosti procesa projektovanja pneumatika, kao i kvaliteta samih pneumatika.

TIPOVI RAČUNARSKIH MODELA NAMENJENIH SIMULACIJI MEHANIČKOG PONAŠANJA PNEUMATIKA

Računarski modeli pneumatika koji se u industriji upotrebljavaju u cilju simulacije mehaničkog ponašanja pneumatika mogu se podeliti na više načina.

Prema *nameni*, razlikuju se:

1. Modeli pneumatika namenjeni simulaciji dinamičkog ponašanja vozila (uglavnom orijenisani prema proizvođačima vozila). Ovakve simulacije uglavnom se vrše u tzv. MBS (*Multi Body System*) programskim paketima i zahtevaju modele pneumatika sa brzim odzivom, koji stoga ne smeju biti previše složeni ili detaljni.
2. Modeli pneumatika namenjeni proučavanju uticaja variranja konstruktivnih parametara pneumatika na njegovo mehaničko ponašanje u toku eksploatacije i izdržljivost (uglavnom orijenisani prema proizvođačima pneumatika). Ovakvi modeli su često veoma detaljni, radi što vernijeg prikazivanja unutrašnje strukture. Simulacije koje obuhvataju upotrebu ovakvih modela uglavnom se vrše u programima za analizu primenom metoda konačnih elemenata (MKE).

Prema *tipu*, modeli pneumatika najčešće se dele na *analitičke*, *empirijske* i *numeričke*. Dok se za simulaciju dinamičkog ponašanja vozila zbog brzine odziva obično koriste prve dve vrste modela, za analize u industriji pneumatika obično se koriste numerički modeli (kakvi su i

MKE modeli), zbog mogućnosti detaljnog sagledavanja odziva strukture penumatika.

Osnovne funkcije pneumatika

Ma koliko da je konstrukcija nekog drumskog vozila napredna, njegova jedina komunikacija sa podlogom odvija se posredstvom pneumatika. Pneumatik predstavlja složenu strukturu koja obavlja niz funkcija esencijalnih za funkcionisanje vozila. One obuhvataju [Ridha94]:

1. Nošenje težine vozila u pokretu.
2. Prenos pogonskih i kočionih sila na podlogu.
3. Generisanje bočnih sila za kontrolu skretanja i upravljanja vozilom, da bi se kontrolisao pravac kretanja vozila.
4. Održavanje nivoa buke, koja nastaje usled rezonantnog oscilovanja pneumatika i interakcije sa podlogom, u prihvatljivim granicama.

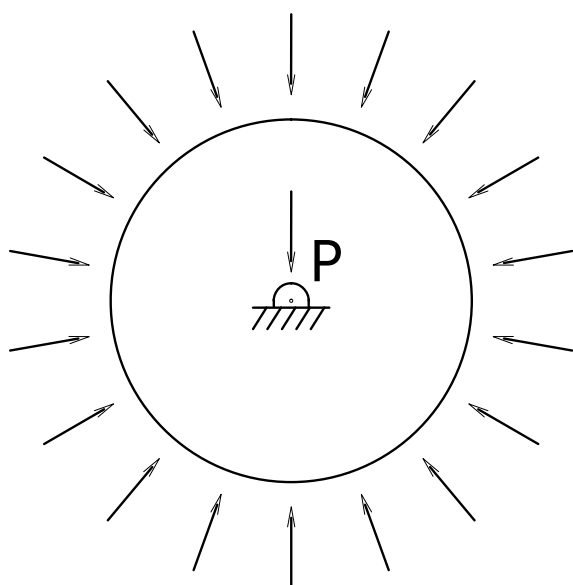
Ova četiri zahteva se moraju obezbediti istovremeno i dinamično u širokom dijapazonu brzina vozila i uslova okoline. Ovo nije jednostavan zadatak jer poboljšanje ponašanja pneumatika u odnosu na jedan zahtev, obično negativno utiče na ispunjenje ostalih. Da bi uspešno obavljao sve pomenute funkcije, pneumatik treba da se odlikuje dovoljnom krutošću da bi mogao da razvije potrebne sile u svim pravcima, dovoljnom fleksibilnošću da može da savlada prepreke a da ne pretrpi oštećenja, kao i dugim vekom trajanja pri cikličnom deformisanju. Pri tome mora da postoji dobro prijanjanje za podlogu, tj. odgovarajuće trenje između pneumatika i podloge.

Mehanizam nošenja vertikalnog opterećenja

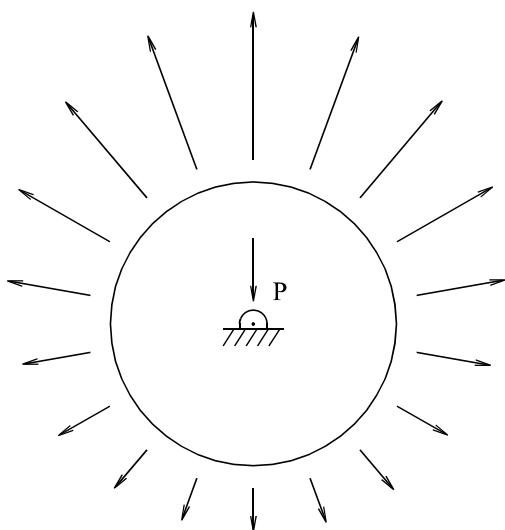
Pneumatici, prema inženjerskoj klasifikaciji, spadaju u prednapregnute strukture. Prednapregnute strukture uvek sadrže sabijeni član koji obezbeđuje prednapon na zatezanje u zategnutom članu. Zategnuti član obično ne može da prihvati sabijanje a sabijeni zatezanje. Ovakva struktura odlikuje se manjom težinom i mnogo je kompaktnija od strukture koja se sastoji od samo jednog člana koji trpi kako istezanje tako i sabijanje. Zategnute članove u pneumaticima predstavljaju vlakna korda a vazduh pod pritiskom predstavlja sabijeni član.

Ustaljeno je mišljenje da vazduh pod pritiskom podiže naplatak sa unutrašnje površine ispumpanog pneumatika. Međutim, rezultat integracije pritiska po površini naplatka (Slika 1) pobija ovu tvrdnju. Nošenje opterećenja mora

se, dakle, obezbediti preko spoljne strukture pneumatika, pri čemu se ono na naplatak. Na slici (Slika 2) prikazana je shema naplatka sa označenim rezultujućim silama, koje su posledica naprezanja korda. Rezultante koje potiču sa oba bočna zida naplatka su sabrane, što poništava njihove komponente izvan posmatrane ravni. Sekundarno nošenje opterećenja obezbeđeno je putem momenta savijanja koji se kroz niže delove bočnih zidova prenosi na stopu. Detaljniji opis mehanizma nošenja vertikalnog opterećenja može se naći u literaturi [Potts79].



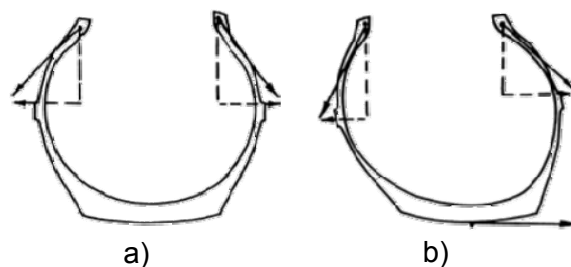
Slika 1. Rezultanta sile koje deluju na naplatak usled dejstva pritiska vazduha unutar pneumatika jednaka je nuli, te nema rezultujuće sile koja bi se suprotstavila sili opterećenja na osovini, P [Potts79].



Slika 2. Rezultante zatežućih sile u kordu sposobne su da generišu silu koja se suprotstavlja opterećenju P , koje deluje na osovini [Potts79].

prenosi preko stope pneumatika.

Bočne sile koje deluju na otisak gazećeg sloja pneumatika takođe deluju na točak preko zatezanja korda i ugiba. Slika 3 prikazuje nedeformisan i deformisan oblik poprečnog preseka pneumatika, gde vektori sile naprezanja u kordu, kada se sumiraju po obe stope, izazvaju bočno opterećenje osovine.



Slika 3. a) Kada je bočna sila koja deluje na otisak jednaka nuli, bočne komponente sile zatezanja u kordu su jednake. b) Dejstvo bočne sile na kontaktnu površinu utiče na pravce rezultujućih sile u kordu unutar stopa, prenoseći tako bočnu silu sa kontaktne površine na naplatak [Potts79].

Na osnovu izloženog, jasno je da kord igra najvažniju ulogu u mehaničkom ponašanju pneumatika kao i da je pritisak vazduha unutar pneumatika važan faktor koji određuje krutost njegove konstrukcije. Raspored napona u kordu karkasa izuzetno utiče na bočnu krutost pneumatika a samim tim i na odziv vozila pri skretanju. Ovaj raspored zavisi pre svega od oblika profila pneumatika a naročito od oblika unutrašnje šupljine pneumatika. Radijalna krutost, pak, pre svega zavisi od pritiska vazduha unutar pneumatika.

Izdržljivost pneumatika

Izdržljivost pneumatika (*tyre durability*) određena je pojavom inicijalnih oštećenja komponenti pneumatika i njihovom propagacijom, sve do pojave pukotina ili rascepa, kada postaje neupotrebljiv. Uništenje pneumatika može da bude inicirano popuštanjem korda, gume ili popuštanjem veze između korda i gume.

Popuštanje korda se može predvideti na osnovu intenziteta napona i deformacija koji u njemu nastaju pod različitim vrstama opterećenja, tj. njihovim poređenjem sa podacima o zamoru materijala korda, uzimajući u obzir radne temperature i degradaciju osobina korda koja je posledica starenja i izloženosti dejstvu agresivnih materija. Izdržljivost čisto gumenih komponenti može se, usled približne ne-

stišljivosti gume kao materijala, predvideti na osnovu intenziteta devijatorske komponente Istraživanja čiji je cilj predviđanje izdržljivosti gume, takođe su usmerena uglavnom ka određivanju napona i deformacija koji nastaju u opterećenom pneumatiku. Do skora su se ova istraživanja većinom bazirala na eksperimentima ili na tehnikama klasične analitičke mehanike, dok se u poslednje vreme u ovu svrhu uspešno koristi MKE.

CILJEVI STATIČKE ANALIZE MEHANIČKOG PONAŠANJA PNEUMATIKA PRIMENOM MKE

Sa stanovišta mehanike pneumatika, statička analiza primenom MKE može se koristiti za proučavanje prve funkcije pneumatika, nošenja opterećenja, i to u cilju predviđanja radijalne krutosti, radijalne deformacije, nosivosti pneumatika, kao i oblika kontaktne površine i rasporeda kontaktnog pritiska na njoj. Detaljnije objašnjenje pomenutih pojmova može se naći u literaturi [Danon99]. Statička analiza takođe se može koristiti i za inicijalnu procenu izdržljivosti pneumatika, na osnovu rasporeda i intenziteta napona i deformacija u strukturnim komponentama pneumatika [Ridha94]. Štaviše, analizom bočne krutosti ili rasporeda napona u karkasu napumpanog pneumatika, može se izvršiti procena manevarskih sposobnosti budućeg pneumatika [Cho02, Ridha94].

Upotrebom osnosimetričnih (dvodimenzionalnih) MKE modela, mogu se dobiti rezultati vezani za procese montaže i napumpavanja pneumatika, kao što su naponi u žičanom obruču, uticaj geometrije pneumatika i veličine naplatka na napone u kordu i raspored kontaktnog pritiska na dodiru naplatka i stope, inicijalni oblik pneumatika nakon svake od ovih faza, itd. [Ridha94, Mancosu95, Tönük98]. Ovakvi modeli su važeći sve dok su i opterećenja koja deluju na pneumatik osnosimetrične prirode. Upotrebom trodimenzionalnih (3D) modela, mogu se dobiti isti rezultati kao i upotrebom osnosimetričnih, kao i rezultati vezani za dejstvo nesimetričnih statičkih opterećenja [Ridha94, Mancosu95, Tönük98, Danielson96, Meschke97, Hall01, Tönük01]. Kada se proučava dejstvo vertikalnog opterećenja, rezultati od interesa su krive opterećenje-ugib, naponi u strukturnim komponentama, oblik kontaktne površine i raspored kontaktnog pritiska i sl. Pregled stanja istraživanja u oblasti statičke analize mehaničkog ponašanja pneumatika može se naći u radu [Korunović03].

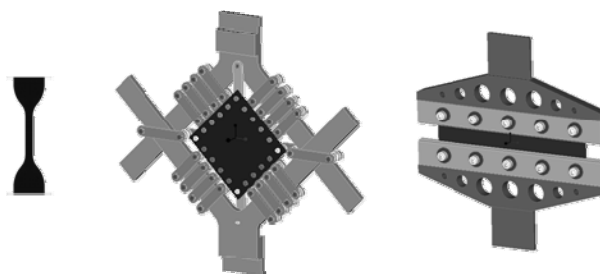
specifičnog deformacionog rada ili primenom principa mehanike loma [Ridha94].

MKE modeli PNEUMATIKA

U ovom delu teksta dat je kratak opis MKE modela koje su autori kreirali i koristili za analizu procesa montaže, napumpavanja i spuštavanja pneumatika na podlogu pod dejstvom vertikalnog opterećenja. U ovu svrhu kreirani su osnosimetrični (dvodimenzionalni - 2D) i trodimenzionalni (3D) model. Razmatran je postojeći tip pneumatika, dimenzija 165/70 R13, da bi rezultati analiza mogli da se uporede sa eksperimentalnim.

Čisto gumene strukturne komponente pneumatika modelirane su upotrebom konačnih elemenata mešovite formulacije i to tzv. *Hermann* elemenata, pri čemu je guma kao materijal opisana upotrebom *Mooney-Rivlin* forme. Koeficijenti modela materijala ustanovljeni su regresionom analizom, na osnovu eksperimentalno dobijenih podataka koji potiču od tri različite vrste ispitivanja: jednoosnog istezanja, jednako-dvoosnog istezanja i ravanskog istezanja (Slika 4). Definisan postupak modeliranja čisto gumenih materijala detaljno je opisan u radovima [Korunović04b, Korunović03].

Kompozitne strukturne komponente modelirane su superpozicijom elemenata tipa *rebar*, koji predstavljaju kord i *Hermann* elemenata koji predstavljaju gumenu matricu. *Rebar* elementima pridružen je bilinearno elastičan materijal a *Hermann* elementima je pridružen odgovarajući materijal za gumiranje korda, modeliran upotrebom *Mooney-Rivlin* forme.



Slika 4. Oblik gumenih uzoraka i dodatna oprema korišćena za njihovo ispitivanje na mašini za jednoosno istezanje.

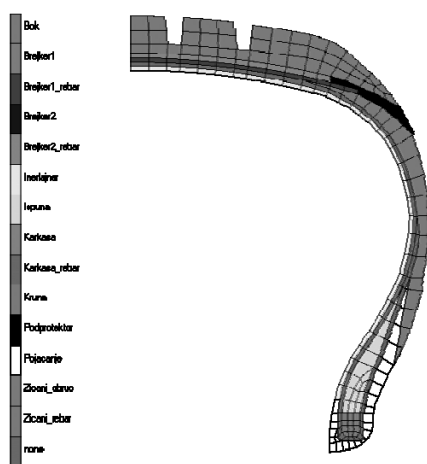
Geometrijski oblik profila pneumatika dobijen je na osnovu 3D parametarskog CAD modela pneumatika, razvijenog u okviru već pomenutih projekata [Stojković02]. Upotrebom ovog modela jednostavno se može dobiti geometrija profila pneumatika za svaku od dimenzija.

Osnosimetrični model

U cilju analize mehaničkog ponašanja pneumatika pri montaži i napumpavanju korišćena su dva različita osnosimetrična MKE modela. Slika 5 prikazuje prvi, pri čemu je, usled postojanja simetrije kreiran model polovine pneumatika. U slučaju drugog modela, simetrija nije korišćena (Slika 6). U cilju postizanja veće tačnosti rezultata vezanih za pomeranja bočnih zidova pneumatika i kontaktni pritisak na dodiru stope i naplatka, uvedena je i opcija adaptivnog povećanja gustine mreže na mestu kontakta (Slika 10).

Naplatka je modeliran kao apsolutno kruto telo (sastavljeno od linija). Između naplatka i pneumatika zadat je konstantan koeficijent trenja, koji se koristi u okviru *Coulomb*-ovog modela trenja. U prvom koraku analize, montaža se simulira približavanjem polovine naplatka ravni simetrije pneumatika (Slika 7 a). U drugom koraku, postepeno se povećava pritisak, koji deluje na unutrašnju površinu pneumatika (Slika 7 b) i koji se menja od 0 – 0,3 – 0,2 N/mm² (0 – 3 – 2 bara).

Detalji vezani za osnosimetrične modele i opis nad njima vršenih analiza, mogu se naći u radovima [Korunović04a, Korunović03].

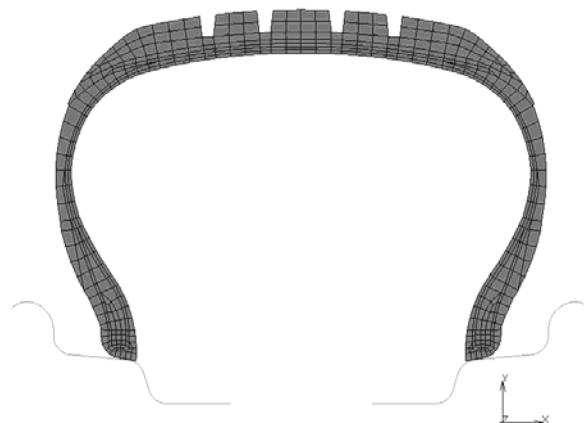


Slika 5. Osnosimetrični MKE model pneumatika namenjen statičkoj analizi procesa montaže i napumpavanja. Redukcija modela izvršena je na osnovu simetrije gometrije i opterećenja.

3D modeli

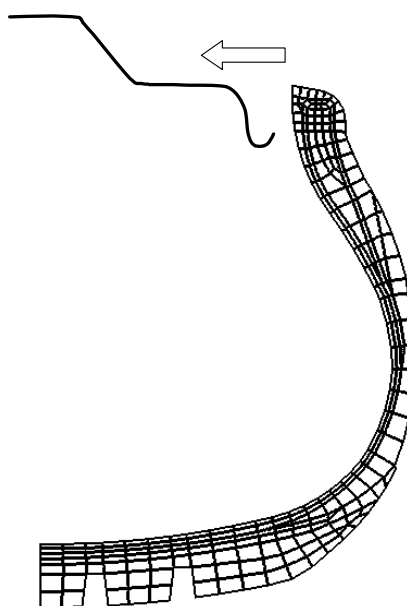
U cilju analize ponašanja vertikalno opterećenog pneumatika, korišćen je 3D MKE model (Slika 8). Radi pojednostavljenja modeliranja i skraćanja vremena potrebnog za analizu, gazeći sloj pneumatika nije modeliran do

detalja, već su u obzir uzeti samo cirkularni kanali. Cirkularna gustina elemenata povećana je u zoni kontakta između pneumatika i podloge. Dok je gazna površina pneumatika u značajnoj meri idealizovana, unutrašnja struktura je modelirana detaljno, pri čemu je najvažnije da je geometrija segmenata koji se sastoje od kompozitnih materijala verno predstavljena, kako je njihov uticaj na mehanički odziv pneumatika najznačajniji (Slika 9).

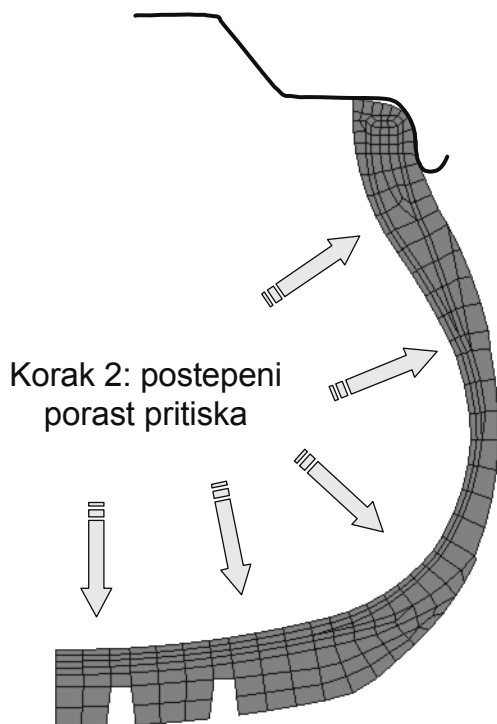


Slika 6. Osnosimetrični model pneumatika bez redukcije. Model je kreiran iz dva razloga: prvi je ispitivanja uticaja nesimetričnosti korda u brejkeru u odnosu na ravan točka na rezultate analize; drugi razlog je čisto vizuelne prirode i ogleda se u boljem sagledavanju deformisanog oblika i drugih veličina od interesa. Ispostavilo se da je razlika u odzivu dva modela neznatna, ali je zbog preglednosti ipak usvojen drugi. Vreme potrebno za analizu drugog modela je oko dva puta duže, ali i dalje prihvatljivo kratko.

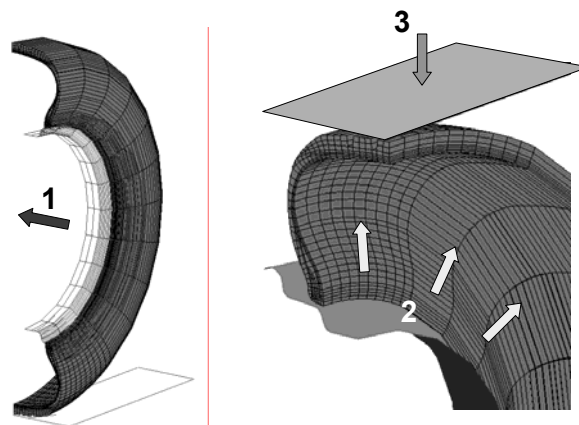
Korak 1: pomeranje naplatka



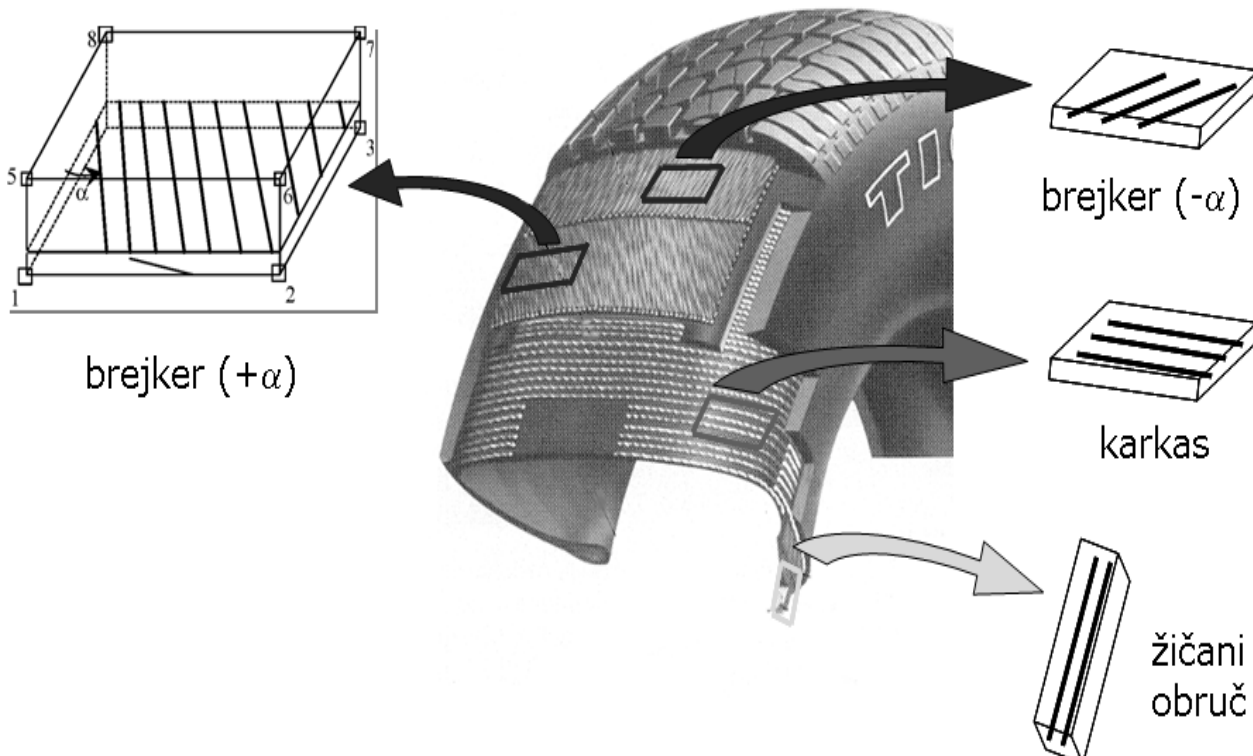
Slika 7a. Koraci u analizi procesa montaže osnosimetričnom modelu pneumatika i



Slika 7b. Koraci u analizi procesa napumpavanja na osnosimetričnom modelu pneumatika:



Slika 8. 3D model namenjen analizi procesa spuštavanja pneumatika na podlogu i mehaničkog odziva vertikalno opterećenog pneumatika, sa naznačenim brojevima koraka u analizi. Usled postojanja simetrije geometrije i opterećenja dovoljno je koristiti četvrtinu modela. Naplatak i podloga modelirani su kao apsolutno krute površine. Prva dva koraka u analizi definisana su analogno 2D modelu. U trećem koraku, vršeno je pomeranje podloge u radialnom pravcu, prema osi rotacije pneumatika, pri čemu je praćena sila reakcije koja na nju deluje.

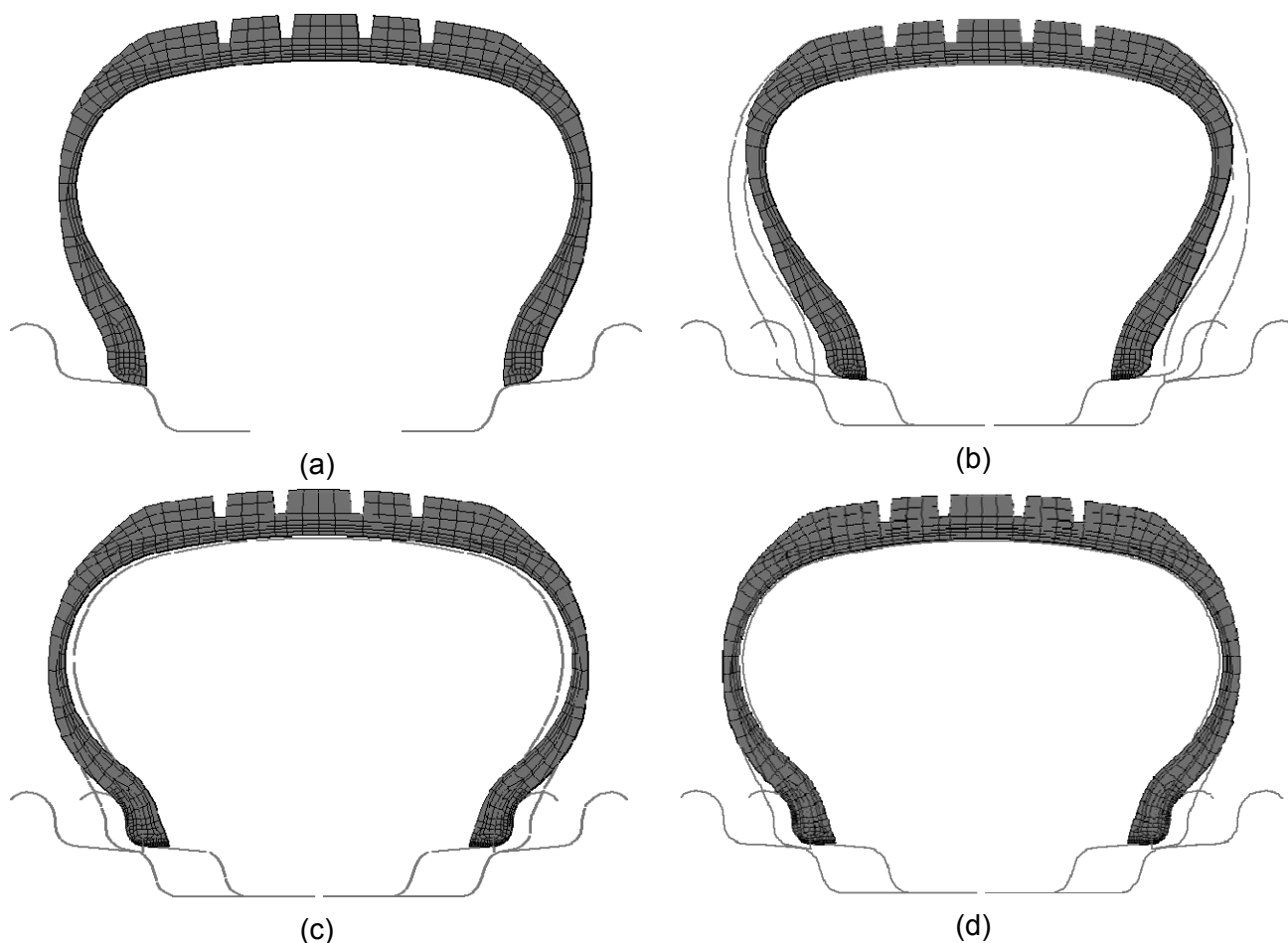


Slika 9. Različite strukturne komponente pneumatika sa shematskim prikazom "rebar" elemenata koji su korišćeni za modeliranje kompozitnih komponenti. Definisani su korisnički potprogrami koji omogućavaju da uglovi korda prate deformisani oblik pneumatika, što je učinjeno i u slučaju osnosimetričnih modela.

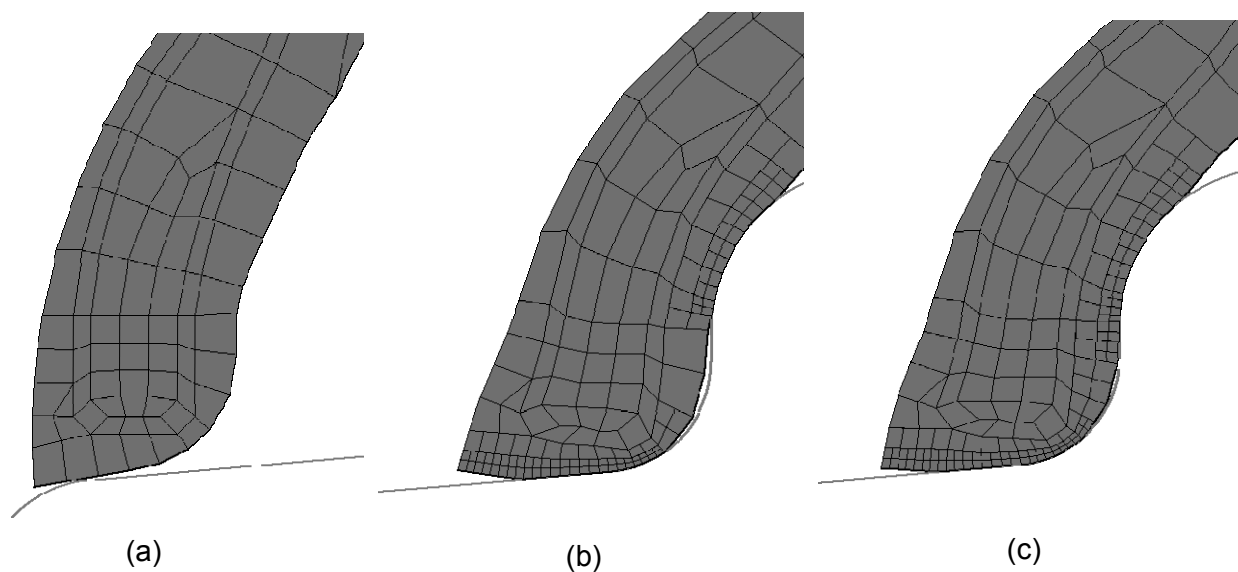
Rezultati

MKE modeli opisani u prethodnom delu teksta korišćeni su za vršenje različitih analiza, u cilju dobijanja rezultata za koje se smatralo da su od koristi za konstruktore pneumatika.

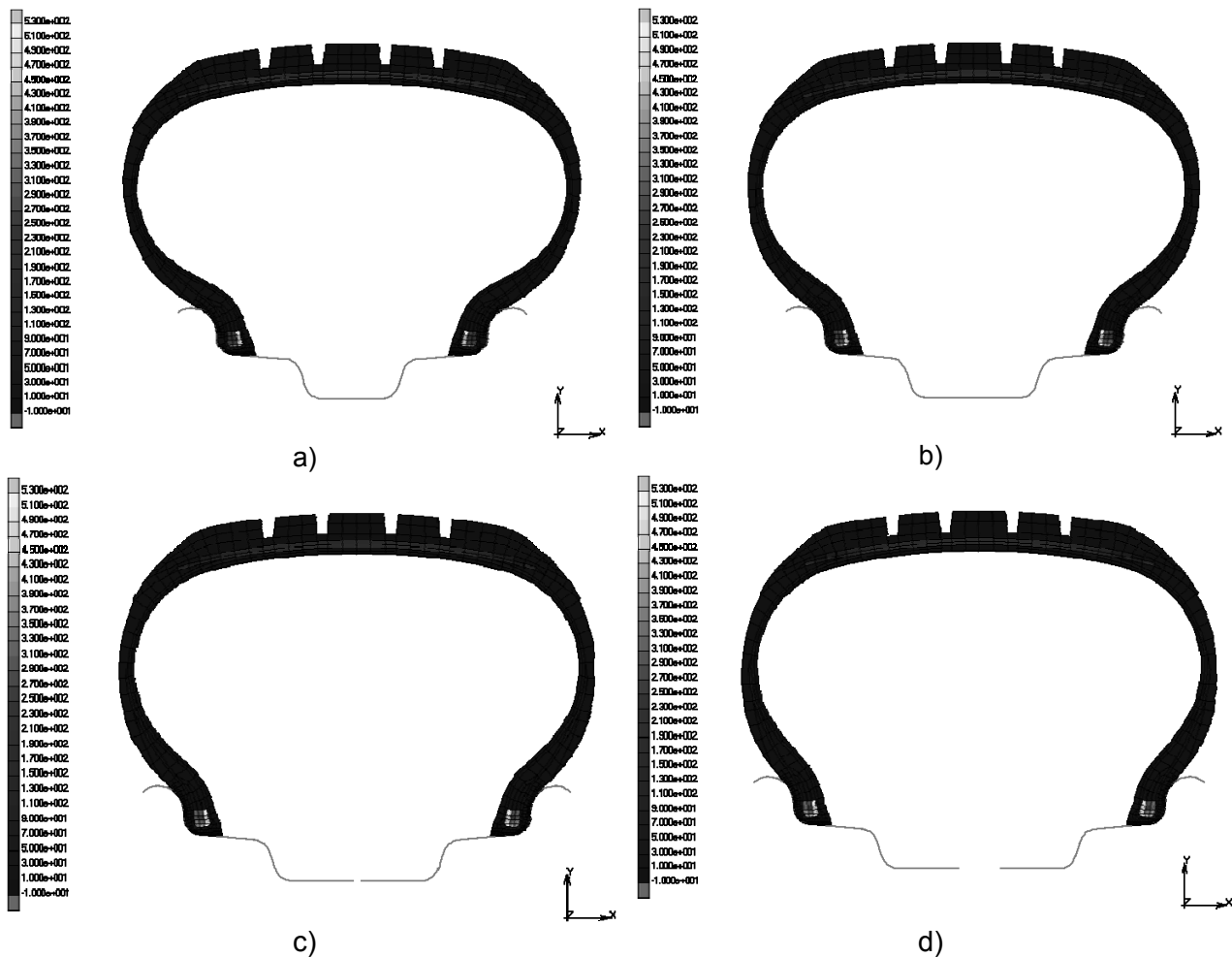
Analize su definisane tako da se njihovi rezultati mogu porediti sa eksperimentalnima, kao i rezultatima dostupnim u literaturi. Najvažniji rezultati prikazani su i prokomentarisani na slikama (10 - 24).



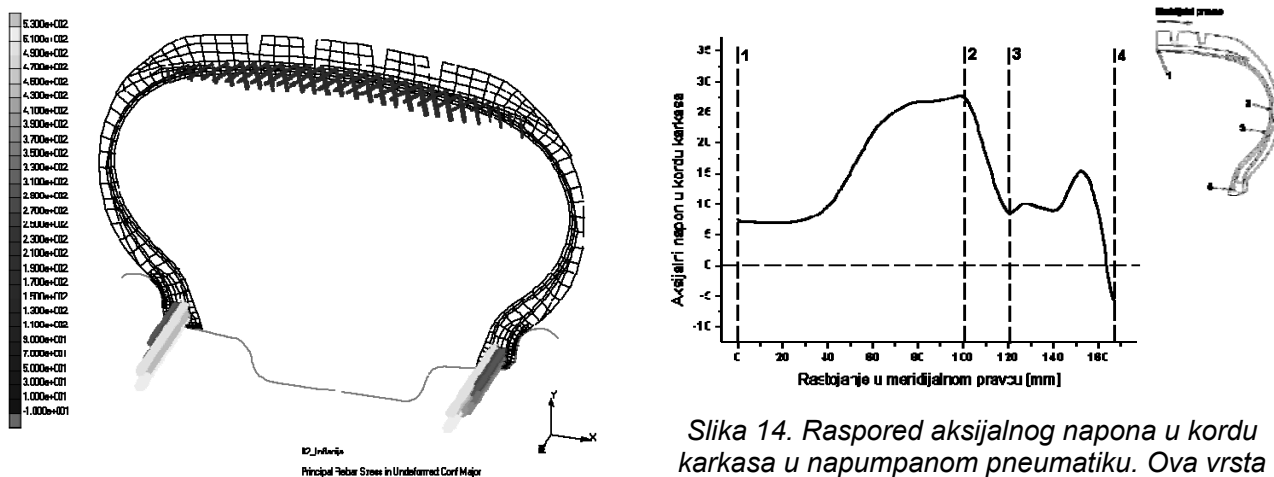
Slika 10. Deformisani oblik osnosimetričnog modela pneumatika: (a) na početku analize, (b) na kraju procesa montaže, (c) kada pritisak iznosi 3 bara, (d) nakon spuštanja pritiska na 2 bara.



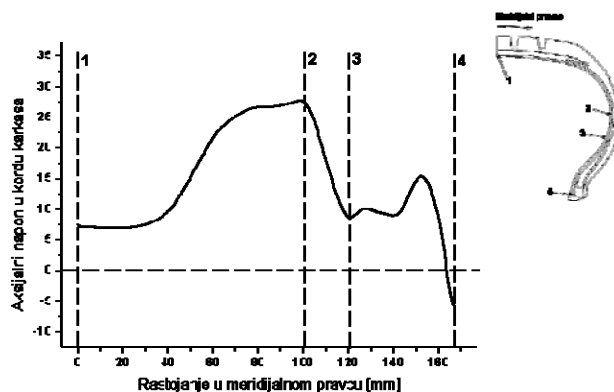
Slika 11. Prikaz toka adaptivnog počinjenja mreže na kontaktu stope i naplatka pri montaži. Definisana su dva nivoa počinjenja mreže. Primećuje se bolje naleganje stope na naplatak nakon napumpavanja na veći pritisak i spuštanja na standardni (c), u poredjenju sa direktnim napumpavanjem na standardni pritisak (b).



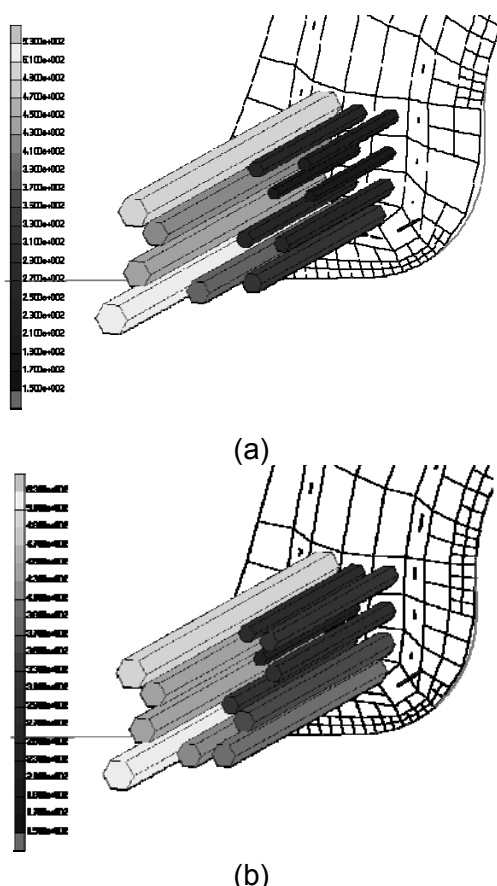
Slika 12. Prikaz deformisanog oblika i aksijalnih napona u žičanom obruču, kordu brejkera i kordu karkasa za pneumatik napumpnan na pritisak od 2 bara, montiran na naplatak: a) 4J, b) 4,5J, c) 5J (nominalni) i d) 5,5J. Prema očekivanju, naponi su najveći u žičanom obruču, a u određenoj meri zavise i od dimenzija naplatka.



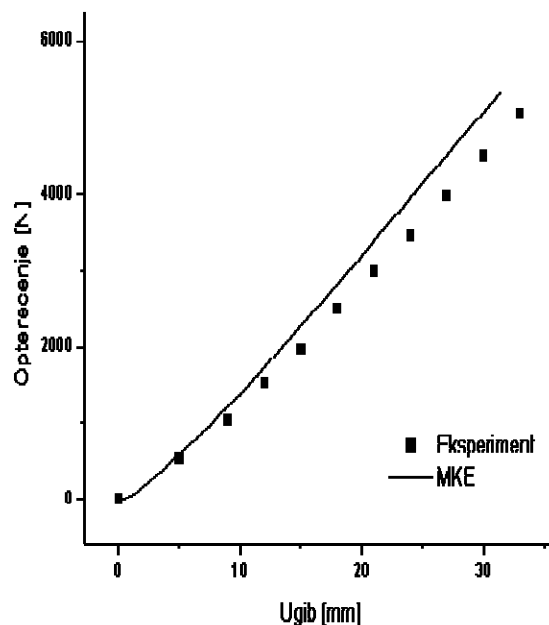
Slika 13. Prikaz aksijalnih napona u žičanom obruču, kordu brejkera i kordu karkasa pneumatika napumpnanog na 2 bara.



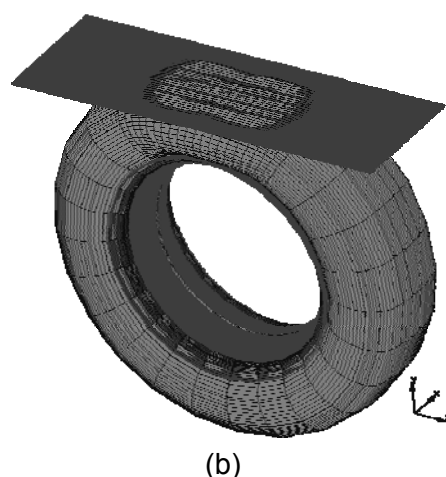
Slika 14. Raspored aksijalnog napona u kordu karkasa u napumpnanom pneumatiku. Ova vrsta rezultata od naročito je značaja za konstruktore pneumatika, sa stanovišta bočne krutosti i izdržljivosti pneumatika.



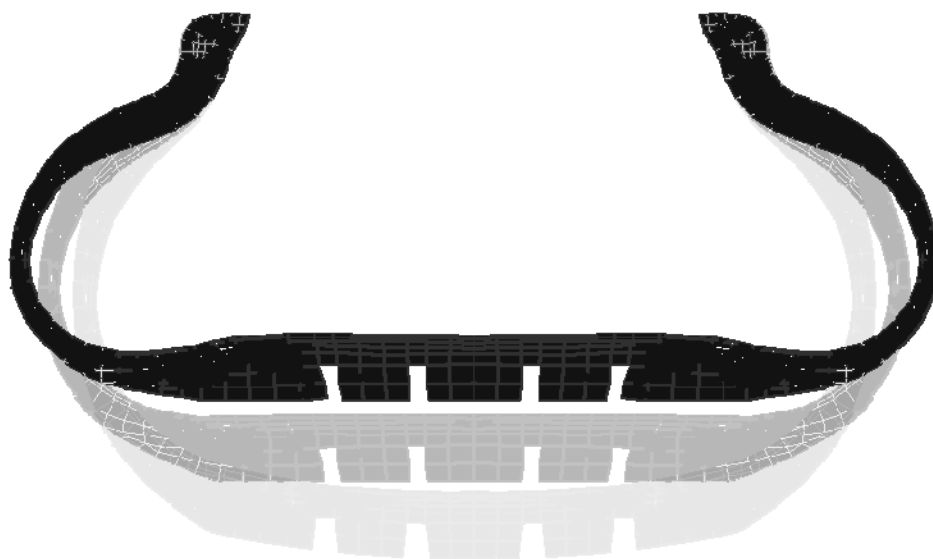
Slika 15. Prikaz aksijalnog napona u žičanom obroču, na kraju procesa napumpavanja, kada je pneumatik montiran na naplatke: (a) 4J, (b) 5,5J. Primetno je da napon nije podjednako raspoređen po poprečnom preseku obroč, a njegova raspodela zavisi od veličine naplatka.



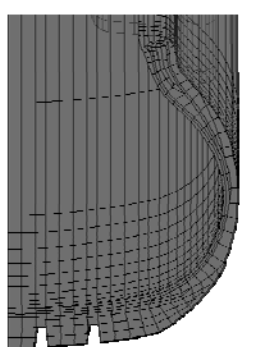
Slika 16. Krive ugib (pomeranje osovine) – opterećenje pneumatika, dobijene numeričkim i eksperimentalnim putem. Imajući u vidu pretpostavke usvojene pri modeliranju materijala, kao i činjenicu da je prvenstvena namena modela određivanje pravca i relativnog intenziteta promene mehaničkih osobina pneumatika sa promenom konstruktivnih parametara, smatra se da je tačnost rezultata prihvatljiva.



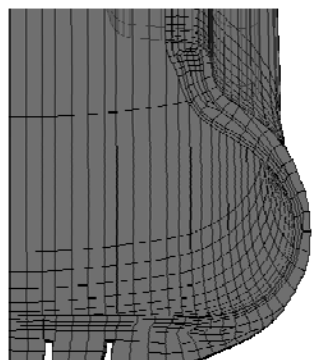
Slika 17. (a) mašina i pribor koji su na ispitnoj stanici fabrike TIGAR MH korišćeni za eksperimentalno utvrđivanje oblika krivih ugib – opterećenje pneumatika i oblika kontaktne površine pri različitim nivoima opterećenja. (b) MKE model celog pneumatika u deformisanom obliku, pri ugibu od 33mm. Model je dobijen postupkom pretvaranja koordinata čvorova sa deformisanog oblika modela četvrtine penumatika u tekuće koordinate čvorova, te kopiranjem ovog modela preko dve ravni simetrije točka, kao slike u ogledalu.



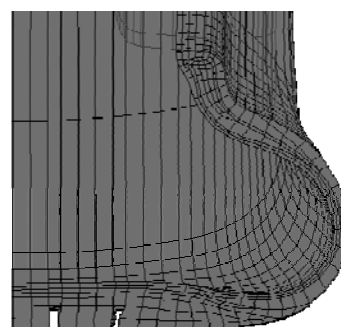
Slika 18. Deformisani oblici pneumatika pri spuštanju na podlogu, u preseku sa vertikalnom ravni koja sadrži osu pneumatika, zajedno sa oblikom na kraju napumpavanja. Ugibi iznose 16 i 33 mm



(a)

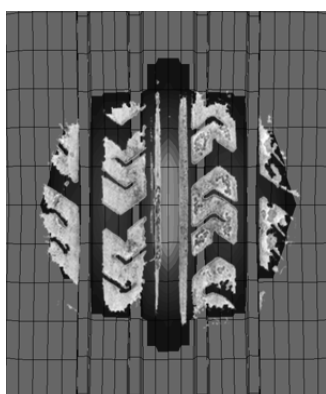


(b)

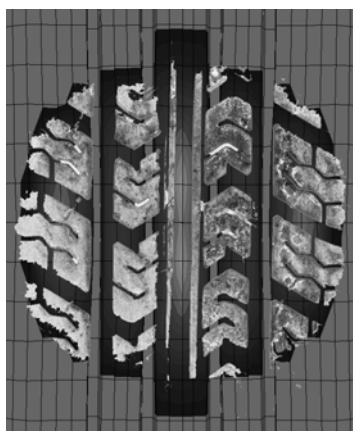


(c)

Slika 19. Deformisani oblik 3D MKE modela pneumatika u toku simulacije procesa montaže, napumpavanja i spuštanja na podlogu: (a) na kraju napumpavanja, (b) pri ugibu od 20mm, (c) pri ugibu od 33mm.



(a)

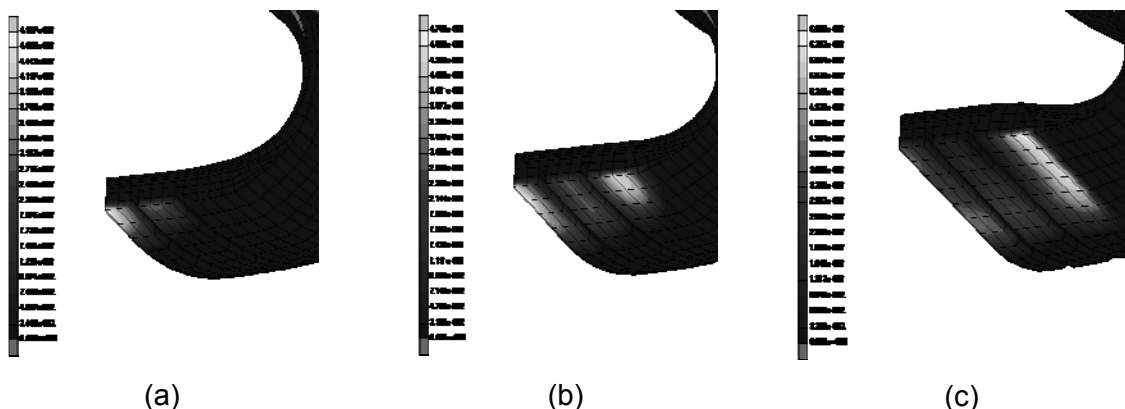


(b)

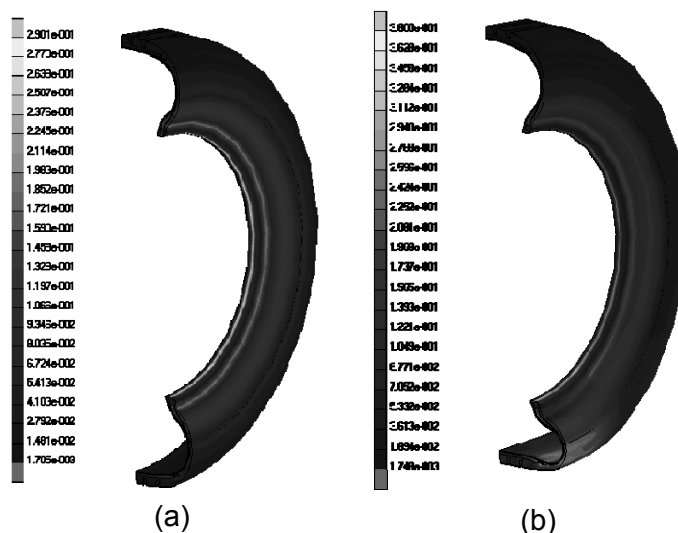


(c)

Slika 20. Oblik kontaktne površine i raspored kontaktnog pritiska pri opterećenju od (a) 1000N, (b) 2000N, (c) 3000N. Malo neslaganje oblika na sredini kontaktne površine posledica je različitog broja kanala na analiziranom i eksperimentalnom pneumatiku, mada je unutrašnja struktura oba pneumatika ista.



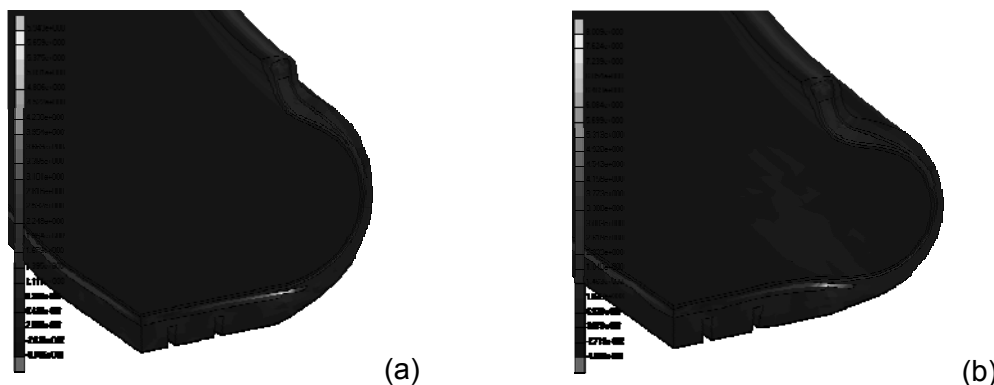
Slika 21. Oblik kontaktne površine i raspored kontaktnog pritiska, pri varijaciji opterećenja tokom analize spuštanja pneumatika na podlogu. (a) Pri manjim opterećenjima pritisak je najveći oko sredine gazne površine. (b) Pri srednjim opterećenjima, pritisak je ravnomernije raspoređen, a najveći je na sredini i na ramenima. (c) Pri velikim opterećenjima, pritisak je najveći na ramenima. Ovi rezultati su u skladu sa zapaženim ponašanjem pneumatika i rezultatima analiza drugih autora.



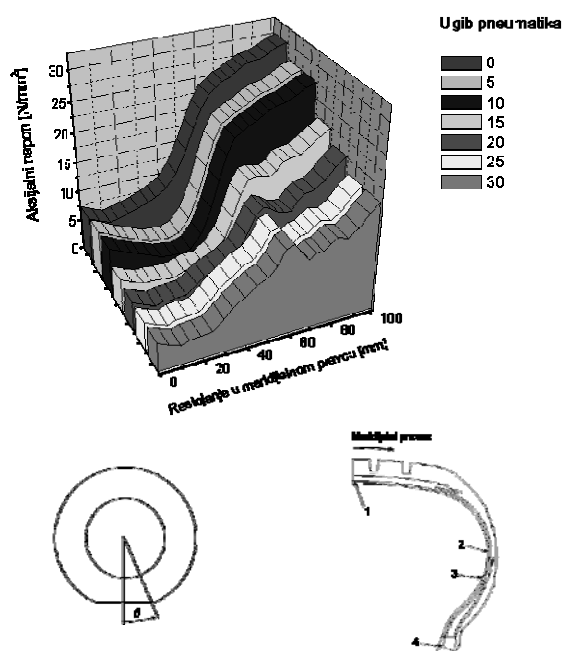
Slika 22.. Prikaz intenziteta deformacije na površini pneumatika: (a) na kraju napumpavanja, (b) na kraju spuštanja na podlogu.

Lista korisnih rezultata koji se mogu dobiti statičkom analizom MKE modela pneumatika, ovime nije ni u kom slučaju iscrpljena. Na konstruktorima pneumatika je da definišu koju

vrstu rezultata žele da razmatraju i koje će konstruktivne parametre menjati da bi došli do optimalne konstrukcije pneumatika.



Slika 23. Raspored i intenzitet ekvivalentnog stvarnog napona u čisto gumenim strukturnim komponentama pneumatika: (a) u srednje opterećenom, (b) u jako opterećenom pneumatiku.



Slika 24. Aksijalni napon u kordu karkasa, u preseku koji se nalazi pod uglom od 9° u obimnom pravcu u odnosu na centar gazećeg sloja, pri različitim vrednostima ugiba opterećenog pneumatika. Inače, oblik krive za ugib jednak nuli, dobro se poklapa sa rasporedom napona u karkasu napumpanog pneumatika, dobijenim analizom osnosimetričnog modela (Slika).

Autori od skora raspolažu i rezultatima analiza vršenih na poboljšanim modelima pneumatika, pri čemu su za predstavljanje korda korišćeni elementi tipa membrana. Osim što su slaganja sa eksperimentalnim rezultatima još bolja nego u slučaju upotrebe u radu opisanih modela, značajno je ubrzano i kreiranje 3D modela na osnovu osnosimetričnih. Vreme potrebno za analizu je takođe skraćeno, pošto se u analizi 3D modela direktno koriste rezultati analiza montaže i napumpavanja vršenih na osnosimetričnim modelima. Poboljšani modeli i rezultati na njima vršenih analiza biće opisani u nekom od budućih radova. Osim toga, autori rade i na analizi kotrljajućeg pneumatika i tačnijem modeliranju trenja između pneumatika i podloge.

Zaključak

U radu je opisan računarski model pneumatika, razvijen u cilju analize mehaničkog ponašanja pneumatika pri eksploataciji, primenom metoda konačnih elemenata (MKE). Prikazani su rezultati analiza vršenih na MKE modelima postojećeg tipa pneumatika, koji su radi verifikacije upoređivani sa podacima dobijenim ispitivanjem realnog pneumatika. Razvijena je procedura za brzu izradu modela bilo kog tipa pneumatika, koja omogućava da se opisane

analize vrše za prihvatljivo kratko vreme, u sklopu svakodnevnih projektantskih aktivnosti.

Prikazani rezultati potvrđuju izuzetnu upotrebljivost analize mehaničkog ponašanja statički opterećenog pneumatika u procesu projektovanja pneumatika i ilustruju koristi do kojih se njenom primenom može doći. Redovna upotreba ovakvih analiza dovodi do poboljšanja kvaliteta pneumatika i značajno skraćuje vreme potrebno za njegovo projektovanje.

COMPUTER AIDED SIMULATION OF ACTING STATIC LOAD TIRE

Tyre design may be significantly improved, in context of raising the quality of tyres and shortening the design process, if the latest methods for computer aided simulation of its mechanical behaviour are used. This methods make possible that, using virtual prototypes, much more design variations are explored in much shorter time. During those explorations, parameters that indicate mechanical response of tyre (e.g. stiffness or deflection) or its durability are being monitored.

This paper presents the results of the analyses that were conducted on finite element tyre models developed by the authors. The aim of the analyses was to simulate the processes of mounting, inflation and vertical loading of the tyre. For this purpose, finite element analysis (FEA) has been used. The authors intend to motivate the extreme usability of such analyses in tyre design process.

LITERATURA

- /1/ Cho, J.R., Jeong, W.S. and Yoo, W.S. (2002), *Multi-objective optimization of tire carcass contours using a systematic aspiration-level adjustment procedure*, Computational Mechanics Vol. 29, pp. 498-509, Springer-Verlag.
- /2/ Cho, J.R., Kim, K.W., Yoo, W.S. and Hong S.I. (2004), *Mesh generation considering detailed thread blocks for reliable tire analysis*, Advances in Engineering Software Vol. 35, pp. 105-113.
- /3/ Danielson K.T., Noor A.K., Green J.S. (1996), *Computational Strategies for Tire Modeling and Analysis*, Computers & Structures Vol 61, No 4, pp. 673-693, Elsevier Science.

- /4/ Danon G., Gavrić M., Vasić B (1999), *Pneumatici: karakteristike, izbor eksploatacija*, NIRO OMO Beograd.
- /5/ [Hall, W., Jones, R.P., Mottram, J.T., Hardy, K. and Nock, N. (2001), *Finite element analysis of a vertically loaded tyre*, IRC 2001, The Int. Rubber Conf., Institution of Materials Communications, pp. 535-545.
- /6/ Korunović N., Trajanović M., Manić M. (1999), *Opisivanje gume kao materijala u programima za analizu metodom konačnih elemenata*, Svet polimera vol. 2 (2-3) 39-84, 1999., pp 43-51.
- /7/ Korunović N., Trajanović M., Manić D. (2000), *Mogućnosti određivanja naponsko-deformacionog stanja gumenih proizvoda metodom konačnih elemenata*, PneuMATici 2000, Vrnjačka Banja.
- /8/ Korunović N., Trajanović M. (2001), *FEA model Building for Tire Analysis*, Proceedings of First National Conference on Recent Advances in Mechanical Engineering (ASME - Greek Section), Patras, Greece.
- /9/ Korunović N., Trajanović M., Manić D. (2002), *Model pneumatika za statičku analizu metodom konačnih elemenata*, PneuMATici 2002, Beograd.
- /10/ Korunović N. (2003), *Statička analiza ponašanja automobilske pneumatike metodom konačnih elemenata*, magistarska teza, Mašinski fakultet u Nišu.
- /11/ N.Korunović, M.Trajanović, M. Stojković (2004), *Mogućnosti upotrebe osnosimetričnih MKE modela pri projektovanju pneumatika*, YU Info 2004, Kopaonik.
- /12/ N.Korunović, M.Trajanović, D.Manić, M.Manić (2004), *Modeliranje gume za analizu pneumatika primenom metoda konačnih elemenata* - Svet polimera, vol. 7 (3) 73-108, 2004., pp 85-94.
- /13/ Mancosu F. (1995), *Finite-Element Analysis for Tire Design*, Tire Technology International.
- /14/ Manić D. (2002), *Praktični vodič za autogume*, Tigar A.D. Fabrika Autoguma, Piroć.
- /15/ Meschke G., Payer H.J., Mang H.A. (1997), *3D Simulations of Automobile Tires: Material Modeling, Mesh Generation and Solution Strategies*, Tire Science & Technology, TSTCA, Vol. 25, No. 3. pp. 154-176.
- /16/ Potts G.R. (1979), *The Tire as a Vehicle Component*, Department of Textiles at UMIST and University of Acron.
- /17/ Ridha R.A., Theves M. (1994), *Advances in Tire Mechanics*, Rapra Review Report, Vol 7, Num 5, RAPRA Technology Ltd.
- /18/ Stojković M. (2002), *Virtuelni tehnološki savetnik*, magistarski rad, Mašinski fakultet u Nišu.
- /19/ Tönük E., Ünlüsoy S. (2001), *Prediction of automobile tire cornering force characteristics by finite element modeling and analysis*, Computers and Structures 79, pp. 1219–1232, Elsevier Science.
- /20/ Tönük E. (1998), *Computer simulation of dynamic behavior of pneumatic tires*, Ph.D. Thesis, Middle East technical University, Ankara.
- /21/ Trajanović M., Stojković M., Korunović N., *Računarom podržano projektovanje pneumatika*, Istraživanja i projektovanja za privredu, br.8, 2005, pp. 19-32

IZVEŠTAJ SA SIMPOZIJUMA ISTRAŽIVANJA I PROJEKTOVANJA ZA PRIVREDU

Simpozijum ISTRAŽIVANJA I PROJEKTOVANJA ZA PRIVREDU održan je u periodu od 06. – 07. Oktobra 2005. godine na Mašinskom fakultetu u Beogradu. Organizatori skupa su bili Redakcija časopisa Istraživanja i projektovanja za privredu, Mašinski fakultet iz Beograda i Akademija inženjerskih nauka Srbije i Crne Gore. Skup je otvorio dr Slobodan Milosavljević, predsednik Privredne komore Srbije. Učesnike na otvaranju su pozdravili prof. dr Vlastimir Dedović, ispred redakcije časopisa, prof. dr



Miloš Nedeljković, dekan Mašinskog fakulteta u Beogradu i prof. dr Jovan Todorović ispred Akademije inženjerskih nauka Srbije i Crne Gore koji je održao i uvodno predavanje na temu **REAFIRMACIJA PROFESIJE INŽENJER**.

U toku dva dana rada skupu je prisustvovalo preko 200 učesnika iz privrede, sa fakulteta i naučnih instituta. Izloženo je 34 rada koji su se bavili istraživačkim temama iz raznih oblasti privrede.

Skup su kroz svoje aktivno učešće podržali i Institut za istraživanja i projektovanja u privredi (**iipp**), Agencija za strana ulaganja i promociju izvoza Republike Srbije (**SIEPA**), Informativni centar za izgradnju iz Beograda, RRC Beograd, Udruženje Srbije i Crne Gore za kvalitet i standardizaciju (**JUSK**), Društvo održavalaca tehničkih sistema (**DOTS**), Turistička agencija TTI, Udruženje dizajnera Srbije, CAD-CAM-DATA, IBM, Tekon Sistemi, Microsoft, NPS, Udruženje za upravljanje projektima Srbije i

Crne Gore (**YUPMA**), NT Compani i dr. kojima se organizacioni odbor Simpozijuma posebno zahvaljuje.

Osnovni zaključak skupa je da se sa organizacijom skupa treba nastaviti i u narednom periodu, s time što se organizacija sekcija treba poveriti moderatorima koji bi grupisali radove po privrednim temama, kako bi bili i izlagani, a ne plenarno kao ove godine. Razmotriti mogućnost šireg uključenja državnih institucija u rad Simpozijuma.



PRIKAZ PRVOG KONGRESA HEMIJSKOG INŽENJERSTVA JUGOISTOČNE EVROPE

Od 25. do 28. septembra 2005. godine, na Tehnološko-metalurškom fakultetu u Beogradu održan je Prvi kongres hemijskog inženjerstva jugoistočne Evrope u organizaciji Saveza hemijskih inženjera i nacionalnih hemijsko-inženjerskih asocijacija iz Grčke, Mađarske, Rumunije, Bugarske i Makedonije. Kongres je nosio oznaku manifestacije Evropske federacije za hemijsko inženjerstvo što nesumnjivo ukazuje na rang i visok nivo konferencije u programskom i organizacionom smislu.

Rad Kongresa se odvijao u šest sekcija: Bio i farmaceutsko inženjerstvo, Inženjerstvo materijala, Opšte hemijsko inženjerstvo, Procesno inženjerstvo, Inženjerstvo zaštite životne sredine i Inženjerstvo polimera i međufaznih fenomena. Na Kongresu je prezentovano 245 radova, od toga 47 usmenih prezentacija i 198 postera. Štampana je knjiga apstrakta (297 str.). Pored domaćih učesnika na Kongresu su bili i učesnici iz 20 zemalja Evrope i sveta. Plenarni predavači, čije su kratke biografije odštampane u Programu dali su pregled stanju oblasti hemijskog inženjerstva u

svetu, a sekcijaska predavanja su prikazala stanje i tendenciju razvoja po oblastima u zemljama regiona.

Ciljevi Kongresa su u potpunosti ostvareni. Dobijen je jasan pregled stanja u hemijskom inženjerstvu u zemlji, regionu i svetu i sagledane su mogućnosti za zajedničke projekte, istraživanja i investicije od kojih su neki već ušli u prvu fazu realizacije. Kongres će postati tradicionalna manifestacija. Domaćin sledećeg Kongresa koji će se održati 2007. godine, biće Grčka asocijacija hemijskih inženjera.

XII SIMPOZIJUM TERMIČARA

U izvršnoj organizaciji Mašinskog fakulteta u Nišu u Sokobanji je u periodu od 18. do 21. oktobra održan XII simpozijum termičara Srbije i Crne Gore pod pokroviteljstvom Ministarstva za nauku i zaštitu životne sredine i Ministarstva za rudarstvo i energetiku Republike Srbije. Simpozijum je imao međunarodni karakter jer su među predavačima i učesnicima bili i gosti iz inostranstva. U radu Simpozijuma učestvovalo je preko 200 naučnih i stručnih radnika iz zemlje i inostranstva.

Moto Simpozijuma je bio tri E: Energetika, Ekologija i Efikasnost. U okviru Simpozijuma je prezentiran 101 rad u okviru uvodnih predavanja i šest tematskih sekcija:

- Tehnologije i postrojenja
- Prostiranje toplote i materije. Sagorevanje
- Energetska efikasnost
- Novi i obnovljivi izvori energije
- Matematičko modeliranje i numeričke simulacije
- Zaštita životne sredine

Svi radovi su „štampani” na CD-u. Ciljevi simpozijuma su u potpunosti ostvareni, a odnose se na razmene naučnih i stručnih iskustava i informacija u domenu energetike sa posebnim naglaskom na povećanje efikasnosti proizvodnje i potrošnje energije.

IV naučni skup:

ALTERNATIVNI IZVORI ENERGIJE I BUDUĆNOST NJIHOVE PRIMJENE

U organizaciji Crnogorske akademije nauka i umetnosti u Budvi 6. i 7. oktobra je održan IV naučni skup posvećen obnovljivim izvorima energije u Srbiji i Crnoj Gori. Skup je otvorio akademik prof.dr. Momir Djurović, predsednik CANU u prisustvu preko 60 naučnih i stručnih radnika iz zemlje i inostranstva (Albanija, Rusija i Makedonija).

Na skupu je prezentirano 39 radova iz oblasti sunčeve i geotermalne energije, vetra, biomase, malih hidroelektrana i bioklimatskog projektovanja. Radovi su analizirali raspoloživost obnovljivih izvora u našoj zemlji, njihovu prihvatljivost za decentralizovanu proizvodnju energije i zaštitu životne sredine.

Radovi su pobudili veliki interes učesnika, tako da je rad Skupa više bio nalik na Okrugli sto posvećen diskusiji o problemima razvoja novih i obnovljivih izvora u našoj zemlji. Zaključeno je da treba težiti da idući naučni skup bude u pravom smislu međunarodni, imajući u vidu značaj novih i obnovljivih izvora energije za održivi razvoj.

Svi radovi će biti štampani u posebnoj ediciji Crnogorske akademije nauka i umetnosti do kraja godine.

organizuju i pozivaju Vas na

KONFERENCIJU

„UPRAVLJANJE ŽIVOTNIM CIKLUSOM TRANSPORTNIH SREDSTAVA“



15.-17. decembra 2005. godine u Banji Vrujci će se održati Konferencija „UPRAVLJANJE ŽIVOTNIM CIKLUSOM TRANSPORTNIH SREDSTAVA“. Tema je Protektiranje pneumatika, u skladu sa zaključcima skupa „PneUMAtici 2004“ održanog oktobra meseca prošle godine. Ovoj temi se daje centralno mesto jer predstavlja dobar primer kako se može upravljati produžetkom životnog ciklusa jednog elementa transportnih sredstava. Detaljnije informacije možete dobiti na adresi na www.dots.org.yu.

OKVIRNE TEMATSKE OBLASTI KONFERENCIJE SU UPRAVLJANJE ŽIVOTNIM CIKLUSOM:

- | | |
|--------------------------------------|---|
| 1. drumskih vozila | 6. sredstava unutrašnjeg transporta |
| 2. železničkih transportnih sredstva | 7. vozila specijalne namene |
| 3. vazduhoplova | 8. vozila kombinovane namene |
| 4. brodova | 9. agregata, sklopova i elementa koji čine transportna sredstva |
| 5. vojnih transportnih sredstava | |

Ciljevi konferencije su okupljanje stručnjaka koji se bave istraživanjem, razvojem, proizvodnjom, prodajom, eksploatacijom i održavanjem transportnih sredstava; razmena stečenih iskustava u navedenim oblastima; usaglašavanje stavova u pogledu propisa iz oblasti pneumatika; promocija novih proizvoda, tehnologija, softvera i literature iz predmetne oblasti.

Prisustvo i radove na konferenciji najavili su predstavnici: proizvođača materijala, tehnologija i opreme (BANDAG, MARANGONI, KRAJBURG, TIGAR, TRAYAL...), preduzeća koje se bave protektiranjem pneumatika (LASTA, PNEUTECH, MAX TRANS, BOROJEVIĆ, UNA GUMA...), transportnih preduzeća (GSP Beograd, LASTA, RAKETA, JEDINSTVO Vranje...), proizvođača vozila (IKARBUS, ZASTAVA, FAP...), Privredne komore Srbije i Univerziteta.

Preliminarne teme konferencije su protektiranje pneumatika po metodologiji MARANGONI, protektiranje pneumatika po metodologiji BANDAG, efekti upotrebe protektiranih pneumatika u JP GSP Beograd, efekti upotrebe protektiranih pneumatika u AD RAKETA Užice, TRAYAL-Proizvodnja protektora teretnih pneumatika, TIGAR- Aktuelni trendovi u proizvodnji putničkih pneumatika, ZAVOD ZA STANDARDIZACIJU- Aktuelni evropski propisi i standardi u oblasti proizvodnje i eksploatacije pneumatika, ekološki aspekti proizvodnje i eksploatacije pneumatika, održavanje pneumatika u eksploataciji vozničkih parkova i uticajni faktori na potrošnju pneumatika.

Prezentacije rezultata projekata Ministarstva nauke i zaštite životne sredine Republike Srbije:

1. „Unapređenje upravljanja eksploatacijom i održavanjem pneumatika u organizovanim voznim parkovima SP Lasta“;
2. „Razvoj i osvajanje privrednih i specijalnih vozila, unapređenje sistema korišćenja i održavanja voznih parkova i razvoj i implementacija odgovarajućih IS“;
3. „Stanje voznog parka u Srbiji i kvalitet održavanja“;
4. „Razvoj nove generacije autobusa domaće proizvodnje“;
5. „Razvoj inoviranog benzinskog motora DBM radne zapremine 1.4 l“.

U petak 16.11.2005. održaće se prateći seminar: **UVOĐENJE SRBIJE U STANDARDIZACIJU ODRŽAVANJA BAZENA**

Seminar ima za cilj da se podigne kvalitet održavanja bazena u Srbiji, kao i da se animiraju i povežu interesne grupe: projektanti, izvođači, održavaoci i korisnici. Sve veća potražnja korisnika za izradom privatnih ili javnih bazena dovela je do pojave velikog broja kompanija koje nude ovu vrstu usluga. Kao i u drugim granama privrede, budući korisnici okreću se za izvođačima koji svoju uslugu nude po najnižim cenama, i ne vodeći računa o bitnim stvarima kao što su validni projekat, kvalitet izvedenih radova, a po najmanje o ponudi izvođača za njegovo dalje kvalitetno održavanje. Održavanje koje je za ovu vrstu objekta više nego kompleksno, a od strane korisnika, iz higijenskih razloga, sve više zahtevano, postalo je biznis, jer kompanijama koje izvođe projekte i izgradnju predstavlja, kroz sklopljene ugovore, vrlo često i jedini deo profita.



Teme seminara:

- ISO standardi u održavanju
- Standardi u održavanju bazena
- Upravljanje životnim ciklusom bazena
- Hemijska analiza kvaliteta vode bazena

Seminar će pružiti uvid u postojeće standarde u održavanju bazena u SAD, i načinima njihovog kvalitetnog i ekonomičnog održavanja.

U subotu 17.12.2005. održavaće se prateći seminar: **IZBOR I ODRŽAVANJE PNEUMATIKA**

Namena seminara je da se stručnjaci, koji rade na nabavci i održavanju pneumatika, upoznaju sa karakteristikama pneumatika savremenih konstrukcija i novim tehnologijama održavanja.

Cilj seminara je da se obezbedi podizanje kvaliteta u prevozu putnika i transportu roba uz smanjene ukupnih troškova eksploatacije.



Teme Seminara:

Karakteristike pneumatika, obeležavanje pneumatika, izbor pneumatika, tehničko održavanje pneumatika, objekti za održavanje pneumatika, oprema za održavanje pneumatika, praćenje pneumatika i informacioni sistemi i troškovi eksploatacije pneumatika

Obaveštenje potencijalnim autorima

Do slanja ovog poziva organizatori su obezbedili učešće eminentnih predavača sa fakulteta, naučnih instituta i iz privrede koji će po pozivu održati predavanja iz oblasti svog delovanja, kao i po napred navedenim tematskim oblastima skupa. Spisak predavača sa temama biće objavljen naknadno. Pozivaju se zainteresovani autori da dostave svoje radove i na taj način uzmu učešće u radu skupa. Preliminarno prijavljivanje radova može se izvršiti na e-mail adresu uzts@dots.org.yu. Zbornik radova biće u elektronskom (CD) izdanju, tako da se autori radova ne ograničavaju u pogledu broja strana rada. Rad treba dostaviti na disketi ili poslati na dole navedene e-mail adrese. Format rada je: A4, program: MS Word za Windows 98 – XP, font: Arial (koristiti Unicode font – Serbian Latin, Croatian ili Slovenian tastatura), pismo: latinica, prored: single, fusnote: na prvoj strani puna imena i titule autora, naziv i adresa firme, obavezna literatura na kraju rada. Zbornik radova biće dostavljen svim učesnicima na samoj Konferenciji.

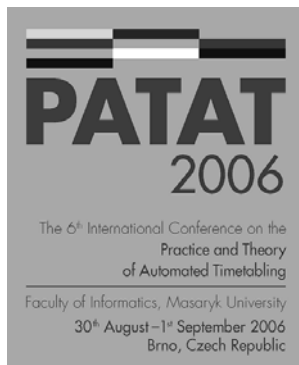
Rok za slanje rezimea je 02.12.2005. a za slanje kompletnih radova i prijavu autora 09.12.2005.

Izložbe, promocije prezentacije, sponzorstva i oglašavanje

Organizator nudi različite mogućnosti za sponzorstvo, promocije, prezentacije i oglašavanja u Završnom programu Konferencije i Zborniku radova, kao i izlaganje proizvoda, opreme, instrumenata, usluga i softvera, na posebnom prostoru ispred sala. Informacije o svim uslovima možete dobiti na telefone: 3302-451 i 3302-456; fax je 011/3302-450.

Informacije i prijave

Svi zainteresovani učesnici mogu se prijaviti kroz formular koji se nalazi na sajtu www.iipp.co.yu čime će biti uvršteni na listu za dalja obaveštenja. Molimo Vas da u e-mail poruci navedete Vašu e-mail adresu, telefon, fax i poštansku adresu. **e-mail: uzts@dots.org.yu**

PATAT 2006


The 6th International Conference on the Practice and Theory of Automated Timetabling

Wednesday, 30th August - Friday, 1st September 2006

Organized by the Faculty of Informatics, Masaryk University
International Hotel, Brno, Czech Republic

This conference is the sixth in a series of conferences that serve as a forum for an international community of researchers, practitioners and vendors on all aspects of computer-aided timetable generation. For more information about the series of conferences see:

<http://www.asap.cs.nott.ac.uk/patat/patat-index.shtml>

SAJMOVI I KONGRESI U PONUDI TURISTIČKE AGENCIJE TTI – TRADE & TRAVEL INTERNATIONAL


Turistička agencija TTI iz Beograda organizuje putovanja na sajmove, izložbe i kongrese.

WASMA-Moskva-06./09.12.2005. - Izložba namenjena preduzećima za odstranjivanje otpada.

CLEAN ENERGY POWER-Birmingham-18./19.01.2006. - Internacionalni sajam i kongres obnovljivih energija, finansiranje i mobilnosti (spoljna i unutrašnja izgradnja, biogas, biomasa, elektro i solarna mobilnost...).

OMNICARD-Berlin-18./20.01.2006. - Svet kartica sa čipom – izložba i konferencija o tehnologiji kartica sa čipom (novi razvojni pravci, proizvodi i najšire mogućnosti primene).

CE-WORLD / ENERGY & WATER-Essen-14./16.02.2006. - Internacionalni stručni sajam i kongres (svet energetike, snabdevanje, razmena i trgovina energijom, potražnja energije, vodoprivreda, obnovljive energije).

MACHINE VISION – Birmingham – 15./16.02.2006. - Stručna izložba perspektive mašingradnje.

KOMCOM NORD-Hannover-21./23.02.2006. - Stručni sajam informacionih tehnologija u javnom sektoru (software za društvene zajednice, GIS, document-management, facility-management, elektronsko upravljanje, internet i novi mediji...).

MAINTENANCE IN POWER PLANTS-Leipzig-15./16.02.2006. - Stručna izložba održavanja elektrana + VGB konferencija (merni i dijagnostički sistemi, hidraulika, tehnika filtera i tehnika zavarivanja, izolacije...).

ASSEMBLEXP0-Pariz-Mart 2006. - Internacionalna izložba montažne i vezne tehnike (komponente, rezervni delovi, mašine i oprema za montažu ...).

CEBIT-Hannover-09./15.03.2006.-VELIKI DOGADJAJ! – Vodeći svetski sajam informacione tehnologije, telekomunikacija, software-a i servisa.

MAINTEC-Birmingham-14./16.03.2006. - Izložba i konferencija nadzora u industriji, upravljanje objektima.

SOUDAGE Pariz-27./31.03.2006. –(Izložba tehnike zavarivanja...). + **MACHINE OUTIL** (mašingradnja i proizvodna postrojenja) + **THERMIC** (Internacionalna izložba industrijskih peći i tehnike grejanja) + **INTER OUTIL EXPO** (Internacionalna izložba alatnih mašina za sečenje, livenje metala, plastike i kompozita + **IND.ao** (Internacionalna izložba informacione tehnike i industrijskih tehnologija).

TTI-Trade & Travel Internationala-Beograd, Terazije 16/V, tel: (011) 3618 488, 3618 489,
E-mail: suzana@tti.co.yu

OPREMA MOTORA

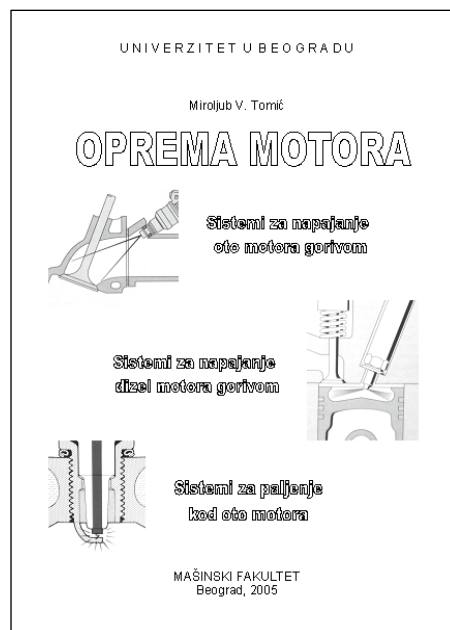
Autor: Prof. dr M. Tomić

Udžbenik "OPREMA MOTORA" je napisan prema nastavnom programu istoimenog predmeta koji se u VII i VIII semestru sa fondom časova 2+2 predaje studentima usmerenja za motore na Mašinskom fakultetu Univerziteta u Beogradu. Gradivo ovog predmeta obuhvata sisteme motora SUS koji imaju direktni uticaj na odvijanje samog radnog procesa motora, a to su: 1) sistem za napajanje oto motora gorivom; 2) sistem za napajanje dizel motora gorivom, i 3) sistem za paljenje smeše kod oto motora. Zbog toga je knjiga podeljena u tri poglavlja koja nose naslove kao i navedeni sistemi motora.

U ovoj oblasti je prisutan veoma brzi razvoj i pojava novih koncepata, a posebno je karakterističan nagli prodor elektronike i elektronskog upravljanja tako da najnovije generacije ovih sistema predstavljaju složene mehatroničke sisteme. Zbog toga je knjiga organizovana tako da se ostvari objedinjavanje neophodnih univerzalnih osnova sa praktičnim izvođenjem sistema, počev od konvencionalnih čisto hidraulično-mehaničkih do najsavremenijih sa elektronskim upravljanjem. Ovakav koncept, uz jasno i koncizno izlaganje, daje široko enciklopedijsko znanje i veoma dobru osnovu kako za konstruisanje ovih sistema, tako i za njihovu dijagnostiku i održavanje u eksploataciji. Zbog toga, osim studentima Mašinskog fakulteta i drugih fakulteta gde se proučavaju motori i sredstva koja kao izvor snage koriste motore, ona može vrlo korisno poslužiti i širem krugu stručnjaka u praksi.

Na osnovu svega iznetog preporučujem da se knjiga štampa u predviđenom tiražu, pretpostavljajući da će se, pored naučno-stručnog, ostvariti i određeni komercijalni efekat, posebno ako se ima u vidu činjenica da je to prva i, zasada, jedinstvena knjiga na našem jeziku koja obrađuje ovu vrlo aktuelu problematiku.

Recenzenti: Prof. dr Stojan Petrović, Prof. dr Dragan Kandić

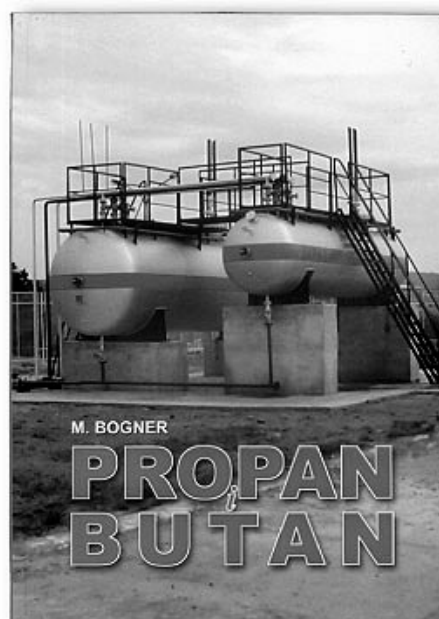


PROPAN I BUTAN

Autor: Prof. dr M. Bogner

Štamapne knjige iz oblasti tečnog naftnog gasa (TNG) već duže vremena nema u našoj literaturi (oko 30 godina). Za veoma kratko vreme je pripremljen ovaj materijal, koji treba da bude priručan za one koji se bave tečnim naftnim gasom, odnosno propanom i butanom, odnosno sa njihovim mešavinama. Knjigu mogu koristiti projektanti, izvođači radova i korisnici veoma široke lepeze potrošača TNG. Zbog toga se odustalo od prvobitne ideje da se knjiga piše u vidu proširenog udžbenika. Upravo je do promene koncepcije došlo u početku skupljanja materijala za knjigu, a u većem broju razgovora sa projektantima i korisnicima TNG. To ne znači da knjigu ne mogu koristiti i studenti, za potrebe izrade studentskih zadataka, projekata i diplomskih radova.

Nije dat materijal u vezi sa teorijom dobijanja TNG i u vezi sa transportom, još nekim oblicima primene i slično. Ovo ne znači i da se u eventualno ponovljenom izdanju, materija ne proširi i sa ovakvim i drugim dopunskim problemima i pitanjima. U prvom poglavlju dat je materijal prema preporukama i smernicama nemačkog udruženja



za gasnu i vodotehniku (DVGW).

Ovaj materijal se može koristiti kao putokaz u projektovanju i izvođenju. Posebno je interesantan materijal s obzirom na unutrašnje gasne instalacije na TNG. U našem propisu nisu definisani postupci sa pojedinačnim trošilima u stanovima ili pojedinačnim kućama. Ovo je posebno bitno jer objekt i u građevinskom smislu mora imati odgovarajuća konstruktivna rešenja (provetravanje, odvod produkata sagorevanja i slično).

Unutrašnje gasne instalacije na TNG su od posebnog značaja za one predele, gde će ubrzo biti doveden prirodni gas. Prvo, pravila za unutrašnje gasne instalacije za TNG i prirodne gasove su, takoreći, skoro ista. Drugo, tipovi trošila na TNG i prirodni gas imaju iste oznake. Trošila mogu u prvo vreme raditi na TNG a zatim preći na prirodni gas. Tako se pojedinačni potrošači (individualne kuće i stanovi) mogu postepeni preprenati i koristiti instalacije za grejanje, pripremu tople vode ili za nekakvu tehnologiju (tope leje, sušare i slično).

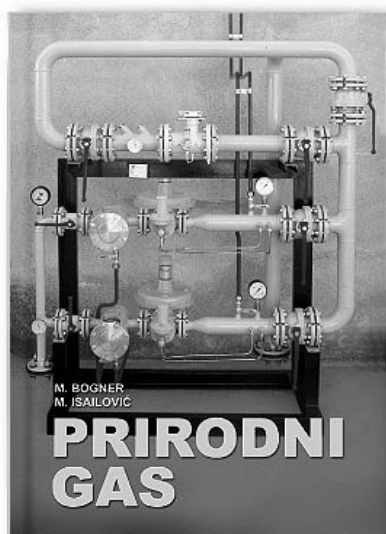
Domaća tehnička regulativa je u velikom zaostatku. Naveden je jedan pravilnik o izgradnji postrojenja za TNG i o manipulaciji sa TNG-om. Ovaj pravilnik je iz davne 1971. godine, i sigurno da treba da doživi niz dopuna. Pošto je kod nas već više od jedne decenije aktuelna primena TNG u motornim vozilima, data su i dva pravilnika od kojih se jedan odnosi na stanice za goriva za motorna vozila, a drugi o opremi za pogon motornih vozila na TNG. Iako su i ovi pravilnici relativno stari, dati su da bi uputili buduće korisnike TNG na neka osnovna pravila.

U oblasti standarda je situacija nešto povoljnija, pa je odabrano dvadesetak izvoda iz standarda koji upućuju na konstrukciju trošila i drugih uređaja. Posebno se upućuju proizvođači opreme, a posebno priručne opreme na TNG, da ukoliko uređaji i trošila nisu izvedeni konstruktivno po određenim pravilima, može doći do havarija. Nepridržavanje određenih procedura, može izazvati havarije koje mogu biti opasne po ljudski život, a i izazvati velike materijalne štete. Zbog toga je potrebno naglasiti, da se sva oprema mora ispitati kod nadležnih institucija radi davanja atesta ili potvrda o kvalitetu. Uz komentar za prikazane standarde, citirano je još niz standarda koje treba proučiti, i posedovati ih. Tu se misli u prvom redu na proizvođače opreme, projektante i izvođače radova.

Drugi deo knjige praktično prikazuje konkretna projektantska rešenja, koja su izvedena i u funkciji su. Dat je izvod iz jednog glavnog mašinskog projekta postrojenja koje ima skladišni prostor, pumpnu stanicu za motorna vozila i punionicu boca. Ovaj primer može poslužiti kao uzorak, ili kao podsednik šta u projektu i u kom obimu treba da se nalazi.

PRIRODNI GAS

Autor: Prof. dr M. Bogner



Knjiga o prirodnom gasu je u poslednjih dvadesetak godina bilo nekoliko u domaćoj literaturi. One su bile manje po obimu i sadržavale su materiju koja se odnosila na proračune ili dimenzionisanje gasovodnih instalacija, odnosno na opremu namenenu prirodnom gasu.

Koncepcija ove knjige se zasniva prvenstveno na poslovima vezanim za projektovanje i eksploataciju postrojenja i gasovoda za prirodni gas. Propisi koji su o prirodnom gasu ili su povezani sa njim su obogaćeni komentarima. Komentari su takvi da koriste pojašnjenju pojedinog propisa i upućuju čitaocu na drugu tehničku regulativu i standarde.

Grupa izvoda iz standarda takođe treba da pojašni grupu armature i ložišnih postrojenja, te druge opreme. U ovom slučaju potrebno je pogledati i knjigu PROPAN I BUTAN. U njoj se nalaze neki standardi koji se odnose i na prirodni gas.

U drugoj polovini knjige su data konkretna rešenja. Ova rešenja su data sa šemama postrojenja i instalacija. Dodatna grafička dokumentacija bi veoma opteretila knjigu, pa su uz

ove primere izbegnuti. U prikazu projekata dat je i izvod iz jednog glavnog projekta katodne zaštite čeličnog gasovoda.

Posebno poglavlje o armaturi i opremi služi za upoznavanje sa određenim tipovima, vrstama, kvalitetu, standardima prema kojima su urađeni. Takođe je dat prikaz gorionika na tečna i gasovita goriva jedinog domaćeg proizvođača, na osnovu čega se može dobiti detaljna slika o karakteristikama istih. Za mlađe stručnjake ovo može biti materija za upoznavanje, a za one malo iskusnije kolege podsetnik i primični materijal pri projektovanju i eksploataciji gasnih postrojenja i instalacija.

Predlažemo čitaocima da kompletiraju literaturu o gasnoj tehnici iz knjige PROPAN I BUTAN i TERMOTEHNIČAR. Na ovaj način će se proširiti oblast gasne tehnike, jer se pojedina poglavlja prepliću i dopunjuju.

TEHNIČKI I MEDICINSKI GASOVI

Autor: Prof. dr M. Bogner

Kako u oblasti gasne tehnike ne postoji opšta klasifikacija gasova (napr., prema nameni, prema poreklu, karakteristikama, načinu primene itd.) izdavač se opredelio za podelu, koja je najprihvatljivija u praksi: na gasove namenjene za sagorevanje radi dobijanja toplotne energije, gasove koji se koriste u proizvodnim procesima i gasove koji se koriste u medicini. Na osnovi tog opredeljenja nastale su knjige PROPAN I BUTAN i PRIRODNI GAS, Knjiga TEHNIČKI I MEDICINSKI GASOVI čini jedinstvenu celinu sa njima. Tako je potpuno obuhvaćena materija koja je ranije bila predmet zbirke propisa iz oblasti gasne tehnike koje zbog obima nisu mogle da sadrže sve ono što je po mišljenju autora trebalo da služi inženjerima i tehničarima koji se bave projektovanjem, izgradnjom i održavanjem gasnih postrojenja i instalacija.

U želji da obim ove knjige bude u prihvatljivim granicama podsećamo da se u knjizi TERMOTEHNIČAR, tom 2 nalazi poglavlje o tehničkim i medicinskim gasovima ali sa stanovišta fizičko hemijskih karakteristika, detalja o projektovanju, zaštiti cevovoda i opreme i sl. U zbirci TEHNIČKI PROPISI O POSUDAMA POD PRITISKOM (izdavač Savez mašinskih i elektrotehničkih inženjera i tehničara-SMEITS, Beograd, 2003) nalaze se tehnički propisi i izvodi iz standarda koji se odnose na stabilne i pokretne posude pod pritiskom u kojima se kao radna materija nalaze i razne vrste gasova.

Imajući u vidu neophodnost približavanja naše zemlje Evropskoj uniji u oblasti tehničke regulative u knjizi je dat kratak prikaz zakonodavstva Unije i opisan je proces donošenja direktiva kojima se regulišu unutrašnji odnosi u oblasti tehnike. Dat je kratak sadržaj pojedinih direktiva i njihova veza sa evropskim i međunarodnim standardima u oblasti koja je tema knjige a čija će upotreba u dogledno vreme biti obaveza i naše zemlje. Obrađena je tehnička regulativa koja se odnosi na tehničke i medicinske gasove kao i regulativa za medicinska sredstva u Evropskoj uniji i kod nas.

U ovoj knjizi obrađeni su postojeći tehnički propisi i standardi za tzv. "tehničke gasove" koji imaju širu praktičnu primenu u mnogim proizvodnim procesima (u hemijskoj, metalnoj i prehrambenoj industriji, metalurgiji, proizvodnji gume, plastike i boja, proizvodnji stakla, keramike i drugih mineralnih materija itd.) i pogonskim i istraživačkim laboratorijama i sl. među kojima su: kiseonik, azot, argon, kiseonik, ugljen-dioksid i acetilen. Osim toga obuhvaćeni su gasovi koji se koriste u medicini bilo da se radi o gasovima koji se koriste "in vivo" i imaju tretman lekova (anestetici i analgetici, gasovi za modifikovanje fizioloških funkcija, gasovi koji se koriste u dijagnostici, kriogasovi itd.) i gasovi koji se koriste "in vitro" (za gasne analize krvi, magnetnu rezonancu, kalibraciju instrumenata i dr). Knjiga ne obuhvata gasove koji se koriste u rashladnoj tehnici (freoni) kao ni gasove koji nemaju širu praktičnu upotrebu već se javljaju samo u pojedinim proizvodnim procesima (fozgen, cijanovodonik, sumpordioksid, ugljen-monoksid i dr.).

Svaki tehnički propis prati komentar sa ciljem da se objasni suština pojedinih odredbi i ukaže na vezu sa drugim propisima i standardima (našim i stranim). Uz pojedine propise dati su izvodi iz odgovarajućih standarda kako bi se dobila celina pogodna za korišćenje.



U knjizi su prikazana i neka konkretna projektantska rešenja, koja su izvedena i koja su u funkciji. Dati su primeri pojedinih elemenata instalacija (armature, merni uređaji i dr.) i način njihove ugradnje kao i preporuke za primenu pojedinih gasova i opreme za gasove renomiranih proizvođača.

Knjiga je namenjena inženjerima i tehničarima koji se bave poslovima projektovanja i izgradnje gasnih postrojenja i instalacija, rukovanjem, održavanjem i primenom gasova. Dragocen je priručnik za pripremu stručnog ispita koji se polaže po Zakonu o planiranju i izgradnji ("Službeni glasnik RS", broj 47/2003). Može biti od koristi stručnjacima koji se bave poslovima tehničke zaštite, zaštite na radu, zaštite životne sredine, zaštite od požara kao i stručnjacima koji rade u državnim organima na poslovima inspekcijiskog nadzora.

Recezeni: Doc. dr Aleksandar Petrović, dipl.inž., Vojislav Todorović, dipl.inž.

EFFECTIVE MAINTENANCE MANAGMENT: RISK AND RELIABILITY STRATEGIES FOR OPTIMIZING PERFORMANCE

By: V. Narayan

Table of Contents:

- Ch. 1. The Production and Distribution Process
- Ch. 2. Process Functions
- Ch. 3. Reliability Engineering for the Maintenance Practitioner
- Ch. 4. Failure, its Nature and Characteristics
- Ch. 5. Life Cycle Aspects of Risk in process plants
- Ch. 6. Process Plant Shutdowns
- Ch. 7. Facets of Risk
- Ch. 8. The Escalation of Events
- Ch. 9. Maintenance
- Ch. 10. Risk Reduction
- Ch. 11. Information for Decision Making
- Ch. 12. Improving System Effectiveness

The Author has nearly 40 years of experience in Maintenance and Project Management, gained primarily in the process industries, including eight years as the head of the Maintenance Strategy Group at Shell UK Exploration and Production. This book reflects the wealth of this experience.

The book attempts to deal with the management of risks through the life cycle of a process plant, and includes explicit consideration of what maintenance needs to be done, and when. In this area, its deals extensively with Reliability Centered Maintenance principles.

Indeed, the phrase "bridging the chasm between theory and practice" very well summarises the intent of this book. While it covers many areas of theory, it does so in an easily accessible form, and would be a useful reference book for any maintenance manager or engineer. There is a wealth of information contained in what is relatively slim, and very readable text. While there are other books which cover more detail within specific areas that are discussed in this book, there are few books that cover the breadth of topics in such an effective manner. The only other similar book that comes to mind is John Campbell's Uptime. In comparison, Uptime is probably more aimed at non-technical manager, where this contains more relevant information for the practising Maintenance and Reliability professional. Overall, this book is recommended reading.

www.amazon.com

UPUTSTVO AUTORIMA

Dostavljen rad može biti napisan na srpskom ili engleskom jeziku. Obim rukopisa ograničen je na deset strana A4 formata, uključujući slike, grafikone, tabele i dr. Na stranicama rukopisa sve margine treba da budu 2 cm, dok je za njegovo kucanje potrebno koristiti font Arial, veličine 11 (upotrebljavati Unicode font – Serbian Latin, Croatian ili Slovenian tastatura, u dve kolone sa međusobnim rastojanjem od 0,5cm. Slike, sheme i grafikone koje koristite u okvirima rada, molimo Vas, da nam šaljete i odvojeno u nekom od standardnih formata za slike (jpg, gif, tif, wmf...), radi jednostavnije manipulacije tekstem i slikama. Potrebno je da rukopis sadrži rezime na srpskom i engleskom jeziku, ključne reči, literaturu i jasne podatke o autoru. Rezime ne bi trebao da sadrži više od 150 reči. Radovi se dostavljaju Izdavaču u jednom štampanom i jednom elektronskom primerku (e-mail, disketa, CD) na adresu:

Institut za istraživanja i projektovanja u privredi
11108 Beograd 12; p. fah 59

ili na sledeću e-mail adresu:

nstanojevic@mas.bg.ac.yu

ztodorovic@mas.bg.ac.yu

GUIDE TO AUTHORS

Paper submitted for publication may be written in Serbian or English. The length of a manuscript is limited to ten A4 pages including pictures, charts and tables. The margins of pages should be 2 cm, and the paper should be written in Arial font, size 11 (using Unicode font – Serbian Latin, Croatian or Slovenian keyboard), Pictures, schemes and charts that are used in the paper should be sent aside in one of the following standard formats (jpg, gif, tif, wmf...). It is necessary that the manuscript contains abstract in Serbian and English, keywords, literature and informations about the author. The papers should be sent to the Publisher in one printed and one electronic form (floppy, CD, e-mail) to the following address:

Institut za istraživanja i projektovanja u privredi
11108 Beograd 12; p. fah 59

or to the following e-mail address:

nstanojevic@mas.bg.ac.yu

ztodorovic@mas.bg.ac.yu

Obaveštenja (information):

011/ 3370 622; 011/ 3302 451; 065/ 3370 622

Uvažavajući stručne i poslovne rezultate Vaše Kompanije, nudimo Vam mogućnost da iste prezentirate u našem časopisu. Mišljenja smo da je to izvanredna mogućnost da se Vaša saznanja i dostignuća prezentuju velikom i stručnom krugu ljudi, kao i onima na koje ste poslovno upućeni

POZIVAMO VAS:

- da se pretplatite na naš časopis,
- da u časopisu "Istraživanja i projektovanja za privredu" objavljujete Vaše poslovne informacije.

-----Ovuda iseći-----



**INSTITUT ZA ISTRAŽIVANJA I
PROJEKTOVANJA U PRIVREDI**

NARUDŽBENICA

časopis

**"ISTRAŽIVANJA I PROJEKTOVANJA
ZA PRIVREDU"**

Ime:

Prezime:

Kompanija:

Adresa:

Država:

Telefon:

Fax:

e-mail:

Pretplaćujem-o se na komplet-a

za godinu, po ceni od din.

po kompletu, odnosno din. ukupno.

Datum

Potpis ovlašćenog lica

CENOVNIK REKLAMIRANJA U ČASOPISU

Naslovna strana	Potkorice	Poslednja strana
35.000	15.000	25.000

CRNO-BELE REKLAME U KNJIŽNOM BLOKU

Cela strana	Polovina strane	Četvrtina strane
10.000	6.000	3.500

Godišnja pretplata na časopis: 2.500 dinara po kompletu.

Uplata za časopis i reklame vrši se na žiro račun IIPP-a:

290 - 825 - 93

Popunjene narudžbenice poslati na fax: 011/3302-450

CIP – Katalogizacija u publikaciji
Народна библиотека Србије, Београд

33

ISTRAŽIVANJA i projektovanja za privredu
/ glavni urednik Jovan Todorović ;
odgovorni urednik Predrag Uskoković.–
God. 1, br. 1 (2003) -. – Beograd : Institut
za istraživanja i projektovanja u privredi,
2003- (Beograd : Libra) . – 29 cm

Tromesečno

ISSN 1451 – 4117 = Istraživanja i
projektovanja za privredu

COBISS.SR-ID 108368396