

# NAPONI I DEFORMACIJE KUTIJE OSNOVNE STRELE AUTODIZALICE U FUNKCIJI DUŽINE IZVLAČENJA PRVOG SEGMENTA STRELE

Prof. dr Milomir GAŠIĆ, Doc. dr Mile SAVKOVIĆ

*Prof. dr Milomir Gašić, dipl.maš.inž. . Rođen je 1950. god. u Rataju, opština Aleksandrovac. Mašinski fakultet završio 1974. godine. Magistrirao je 1983. godine, doktorirao 1989. godine. Na Mašinskom fakultetu u Kraljevu predaje predmete Transportni uređaji i Dizalične mašine. Autor je više naučnih i stručnih radova u zemlji i inostranstvu. Za svoj diplomski rad 1974, dobio je Oktobarsku nagradu Grada Beograda. Obavio je specijalističke studije u Engleskoj (COLES) i u SAD. Bio je učesnik ili rukovodilac više naučno-istraživačkih projekata. Autor je knjige "Transportni uređaji-neprekidni transport"*



*Doc. dr Mile Savković, dipl. inž. maš. Rođen je 1967. god. u Rojčičima kod Raške. Mašinski fakultet upisao 1987. god. u Kraljevu gde je i diplomirao 1992. godine. Magistarski rad na temu "Istraživanje dinamičkih uticaja na strelu portalne dizalice" odbranio 1996. god. na Mašinskom fakultetu u Beogradu. Doktorsku tezu: "Uticajni parametri na čvrstoću i stabilnost višesegmentnih strela dizalica" odbranio je 19.01.2001. godine na Mašinskom fakultetu u Kraljevu. Autor je više naučnih i stručnih radova u zemlji i inostranstvu. Zaposlen na Mašinskom fakultetu u Kraljevu kao docent za predmet Metalne konstrukcije.*



---

**Kategorija rada: ORIGINALAN NAUČNI RAD**  
**Recezent: Prof. dr Davor OSTRIC**  
**UDK/UDC: 621.868.27**  
**Rad primljen: 20. 05. 2003.**

**ADRESA:**  
**Mašinski fakultet**  
**Dositejeva 19**  
**36000 Kraljevo**

---

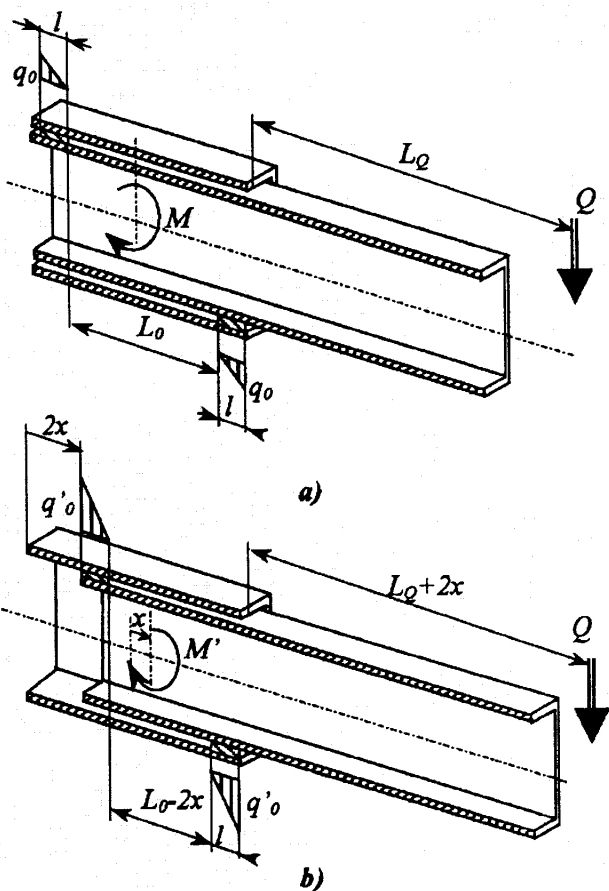
## 1. UVOD

Težnja za što većim izvlačenjem segmenata strele autodizalice u cilju ostvarenja većeg dohvata, dovodi do smanjenja dužine oslanjanja, a samim tim i do povećanja pritiska klizača na kutijasti nosač što može dovesti do velikog skoka napona, većeg i od dozvoljenog. Ovaj skok napona zavisi i od oblika poprečnog preseka strele. Iz tih razloga neophodno je utvrditi uticaj dužine izvlačenja i oblika poprečnog preseka osnovne strele na pojavu lokalnih napona i deformacija.

## 2. DEFINISANJE MODELA

Opterećenje od segmenta strele autodizalice prenosi se preko klizača na mestu kontakta na osnovnu strelu. Pretpostavljeni oblik raspodele opterećenja na mestu kontakta prikazan je na slici 1.

Takođe na slici 1 prikazan je podužni presek osnovnog dela i prvog segmenta strele na mestu kontakta klizača. Na slici 1a vidi se početni položaj a na slici 1b položaj posle izvlačenja za veličinu  $2x$ . Ako se prvi segment izvuče za  $2x$ , u odnosu na osnovnu strelu, srednje rastojanje između dva klizača pomera se za  $x$ .



Slika 1.

Prilikom ovog pomeranja menja se i krak dejstva sile  $Q$  a time i spreg  $M$  koga prihvataju klizači. S obzirom da je promena momenta  $M$  mala, ( $L_Q \gg L_0$ ), pomeranje  $x$  je takođe malo, jer se posmatra pomeranje u krajnjoj zoni kretanja klizača. Vrednost najvećeg kontinualnog opterećenja koje se javlja na klizaču je:

$$q'_0 = \frac{Q \cdot \left( L_Q + l + 2x + \frac{L_0 - 2x}{2} \right)}{2t \cdot l \cdot \left[ \frac{2}{3}l + \frac{L_0 - 2x}{2} \right]} \quad (1)$$

Transverzalne sile na prvom i drugom klizaču su:

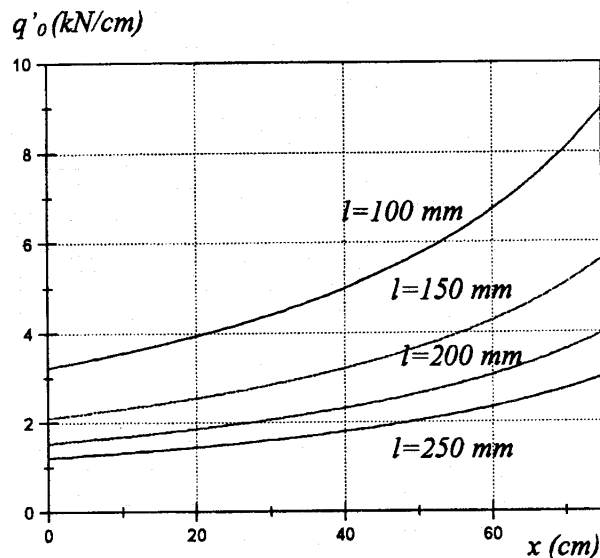
$$F_A = Q \cdot \left[ 1 + \frac{L_Q + \frac{l}{3}}{2 \cdot \left( \frac{4}{3}l + L_0 - 2x \right)} \right]$$

$$F_B = \frac{Q \cdot \left( L_Q + \frac{l}{3} \right)}{2 \cdot \left( \frac{4}{3}l + L_0 - 2x \right)} \quad (2)$$

gde je  $t$  debljina klizača.

Vidi se da osim sile  $Q$ , na porast opterećenja utiču dužina klizača  $l$ , širina klizača  $t$  i rastojanje između klizača, odnosno pomeranje prvog segmenta  $x$ .

Opseg pomeranja koji se razmatra je u granicama koje su prisutne u praktičnoj primeni (slika 2). Najčešće se kreće u granicama od 1500 do 2500 mm pa je pomeranje  $x \in (0 : 750 \text{ mm})$ . Za početno rastojanje  $L_0$  uzeta je vrednost 2500 mm, koja je ujedno i granična vrednost za neka konstruktivna izvođenja.

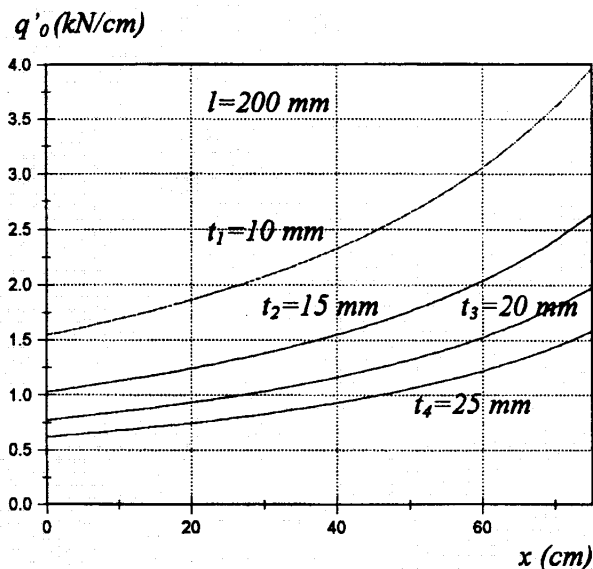


Slika 2.

Uticaj promene širine klizača  $t$ , za određenu vrednost njegove dužine  $l=200 \text{ mm}$  prikazan je na slici 3.

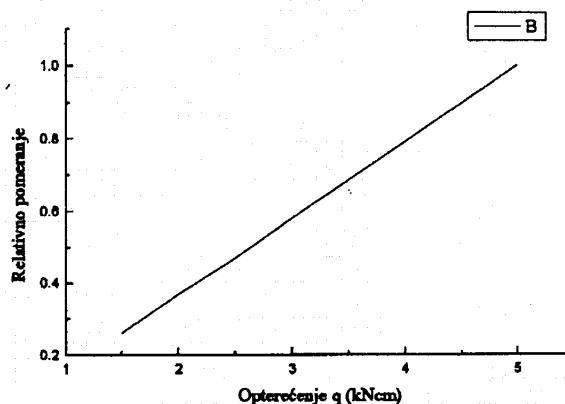
Na osnovu dijagrama prikazanog na slici 2 vidi se da povećanje dužine klizača utiče na smanjenje opterećenja koje je nelinearno. Ako se dužina kontakta poveća 2,5 puta, opterećenje se smanjuje oko 3 puta u zoni najveće vrednosti, odnosno 2.7 puta u zoni najmanjih vrednosti. Dužine klizača ne može se preterano povećavati, jer bi došlo do gubljenja kontakta po dužini klizača, odnosno jedan njegov deo ne bi prihvatao opterećenje.

Povoljan uticaj povećanja širine klizača na smanjenje opterećenja vidi se na slici 3. Ako se širina klizača poveća 2,5 puta opterećenje se smanjuje oko 2,3 puta. Povećanje širine klizača povoljno utiče i na povećanje krutosti same ploče kutijastog nosača.



Slika 3.

opisuju Vidi se da su i kod lokalnog napreznanja ove promene linearne.

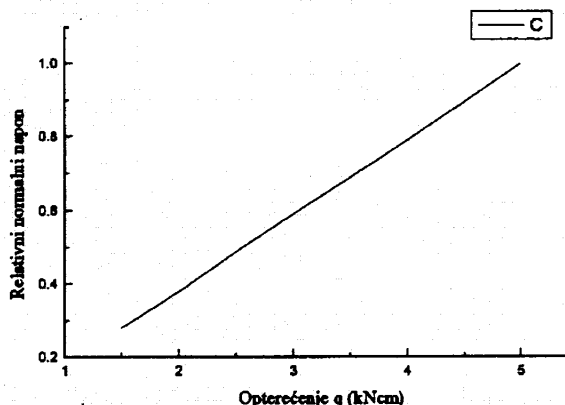


Slika 4.

### 3. UTICAJ PROMENE OPTEREĆENJA NA VELIČINU DEFORMACIJE I NAPONA PLOČE

Zavisnost napona i deformacija linijskih i grednih nosača sa promenom opterećenja je linearna. Isto važi i za pločaste elemente [1], [2]. Postavlja se pitanje da li to važi i za skokove napona i deformacija koji su lokalnog karaktera.

Da bi se utvrdila ova promena iskoristiće se unapred dobijena rešenja jednačine savijanja poprečno opterećene tanke ploče [4], [5], u kojima se menja vrednost opterećenja  $q'o$ . Dobijene vrednosti napona i pomeranja prikazane su u tabeli 1.

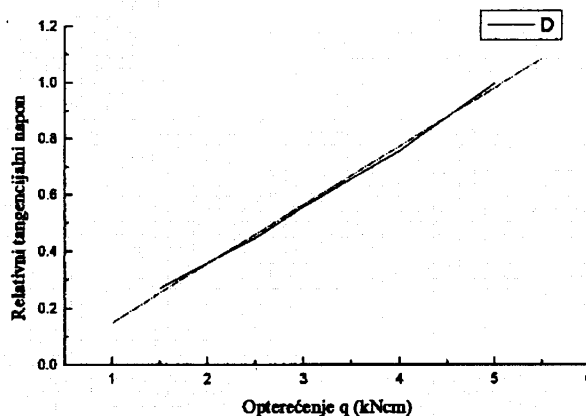


Slika 5.

$q'o$ (kNcm)	$\left(\frac{w_i}{w_{max}}\right)$	$\left(\frac{\sigma_i}{\sigma_{max}}\right)$	$\left(\frac{\tau_i}{\tau_{max}}\right)$
1.5	0.26	0.28	0.27
2	0.37	0.38	0.36
2.5	0.47	0.49	0.45
3	0.58	0.59	0.56
4	0.79	0.79	0.76
5	1	1	1

Tabela 1.

Grafički prikazi rezultata iz tabele 1 dati su na slikama 4,5 i 6, sa jednačinama 3,4 i 5 koje ih



Slika 6.

$$\left(\frac{w_i}{w_{max}}\right) = -0.06 + 0.21 \cdot q_0 \quad (3)$$

$$\left(\frac{\sigma_i}{\sigma_{max}}\right) = -0.03 + 0.21 \cdot q_0 \quad (4)$$

$$\left(\frac{\tau_i}{\tau_{max}}\right) = -0.06 + 0.21 \cdot q_0 \quad (5)$$

Ovi zaključci su značajni jer olakšavaju dalja razmatranja koja idu u tom pravcu da treba odrediti koje je minimalno rastojanje između klizača kako bi vrednost napona bila manja ili jednaka nekoj zadatoj vrednosti, odnosno da naponi budu manji od dozvoljenih.

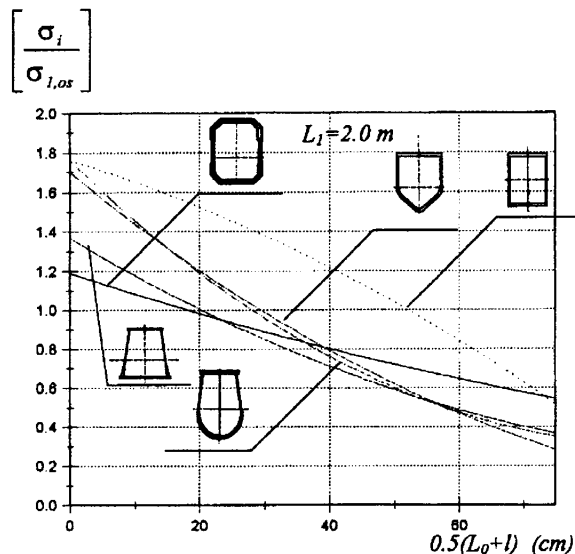
#### 4. RASPODELA NAPONA U KONTAKTNOJ ZONI ZA RAZLIČITE OBLIKE PROFILA

Raspodela napona u kontaktnoj zoni klizača analizirana je za kutijaste nosače čiji su poprečni preseki: pravougaoni, petougaooni, trapezni, šestougaooni i kombinacija trapeza i polukruga. Analiza napona je sprovedena na dužini koja je jednaka dvostrukoj širini pojasa pravougaonog poprečnog preseka. Vrednosti rastojanja klizača ( $L_0+l$ ) se menjaju u granicama od 1,5 do 2,5 m, za svaki oblik preseka. Za vrednosti napona u pojedinim tačkama, osim teorijskog modela, korišćeni su i rezultati dobijeni primenom metode konačnih elemenata.

Na slici 7 dat je uporedni pregled promena napona za rastojanje između klizača od 2,5m.

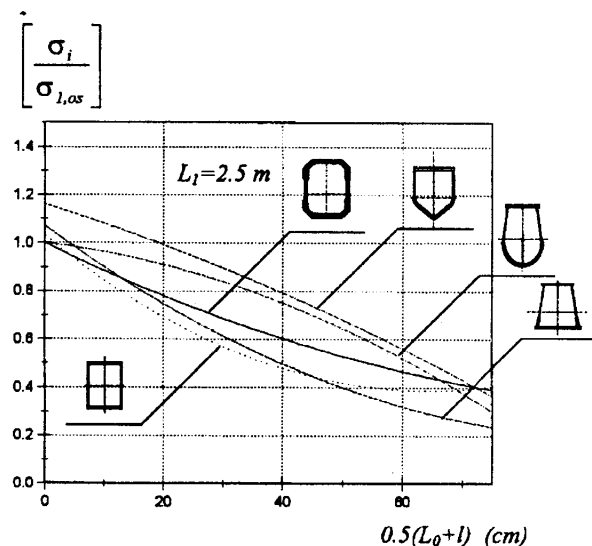
Najveći napon je za petougaooni poprečni presek a najmanji za pravougaoni i trapezni. Najblaži pad je kod osmougaoonog poprečnog preseka.

Kod srednjeg rastojanja između klizača razlike u naponima su veće; najveći skok napona ima pravougaoni poprečni presek (slika 8).

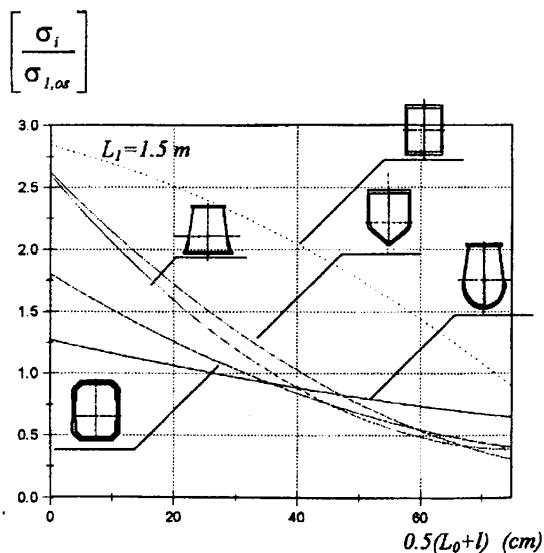


Slika 8.

Kod najmanjeg rastojanja između klizača porast napona je najveći a samim tim i razlike između pojedinih oblika poprečnih preseka (slika 9).



Slika 7.



Slika 9.

## 5. ZAKLJUČAK

Sprovedena teorijska analiza pokazuje uticaj geometrijskih parametara klizača, pri čemu treba težiti ka povećanju širine klizača čime dolazi do smanjenja opterećenja na mestu kontakta i povećanja krutosti ploče kutije.

Opterećenje linearno utiče na pojavu deformacija i napona u karakterističnom preseku nosača i ne zavisi od oblika poprečnog preseka segmenta.

Naponi na mestu kontakta klizača i osnovne strele brzo raste sa smanjenjem rastojanja između klizača i nelinearan je u odnosu na promenu rastojanja. Skok napona je "velik" na mestu kontakta i u neposrednoj je blizini. Udaljenjem od ovog mesta napon znatno opada.

Najveća odstupanja su za najmanja rastojanja klizača (iznose *max* 2.2 puta).

Složeni poprečni preseki pokazuju bolje osobine kada je reč o skokovima napona na mestu kontakta.

## 6. LITERATURA

- [1] Боряшинов С.В.: "Основы строительной механики машин", Издательство "Машиностроение", Москва 1973.
- [2] Тимошенко В.К., Дубовик С.А.: "К выбору параметров стрелоподъемного механизма", Издательство "Машиностроение", "Строительные и дорожные машины", -№ 1, Москва 1984.
- [3] Вольмир А. С.: "Устойчивость деформируемых систем", Издательство "Наука", Главная редакция физико-математической литературы, Москва 1967.
- [4] Savković M.: "Uticajni parametri na čvrstoću i stabilnost višesegmentnih strela dizalica", Doktorska disertacija, Mašinski fakultet Kraljevo 2001.
- [5] Savković M., Gašić M.: "A method for calculation of cross section of the boom of mobile hydraulic crane", The Fourth international conference, Heavy machinery hm 2002, Kraljevo 2002.

**REZIME** U eksploataciji autodizalica neophodno je da pojedini segmenti imaju što veća izvlačenja kako bi se povećala dužina strele. U radu je razmatran uticaj dužine izvlačenja pošto ona utiče na smanjenje rastojanja između klizača, odnosno na povećanje opterećenja segmenata. Dat je model za proračun kao i uticaj dimenzija samog klizača. Prikazana je promena napona u kontaktnoj zoni segmenata za različite poprečne preseke tako da se može sagledati kako oblik poprečnog preseka utiče na raspodelu napona.

**Ključne reči:** auto dizalica, strela, napon, površina preseka

## STRESSES AND DEFORMATIONS OF AUTOCRANE BOOM BOX IN THE FUNCTION OF LENGTH INCREASE OF THE FIRST BOOM SEGMENT

**Summary:** This paper deals with the influence of length increase of the first boom segment on decrease of distance between sliders, that is on increase of segment loads. Calculation model is analysed and the influence of slider dimensions on load size, too. This paper also presents stress change at contact zone of segments for different cross sections and in that way it is possible to make conclusions about the influence of cross section shapes on stress distribution.

**Key words:** autocrane, boom, stress, cross section

## ВЛИЯНИЕ ДЛИНЫ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ПЕРВОГО СЕГМЕНТА НА НАПРЯЖЕНИЯ И ДЕФОРМАЦИИ ПЛАСТИНКИ ОСНОВНОЙ СТРЕЛ АВТОКРАНА

**Резюме:** В эксплуатации автокрана особенно значительно, что некоторые сегменты имеют большие извлечения чтобы увеличивали длины стрелки. У работе рассматривается влияние длины извлечения на уменьшение расстояния конькобежной опоры, на повышение нагрузки сегмента. Показана модель для расчета и влияние величины конькобежной опоры. Показано применение напряжения в конкретной зоне сегмента, так что можно увидеть как форма поперечного сечения влияет на расположение напряжения.

**Ключевые слова:** автокран, стрела, напряжение, поперечное сечение