

ANALIZA VARIJANTNIH REŠENJA POGONA KOPANJA ROTORNOG BAGERA SRs

Prof. dr Mile Savković, dipl. maš. inž.¹⁾, prof. dr Milomir Gašić, dipl. maš. inž.¹⁾,
Nebojša Zdravković, dipl. maš. inž.¹⁾, Dragan Novaković, dipl. inž.²⁾

Kategorija rada: PREGLEDNI RAD
Recenzent: Prof.dr Zvonimir Jugović
Rad primljen: 13.08.2009.godine

Adresa:
¹⁾ Mašinski fakultet Kraljevo
²⁾ PD RB Kolubara

Rezime: U radu je izvršena analiza varijantnih rešenja pogona kopanja rotornog bagera tipa SRs. Uočena je tendencija zamene reduktora sa cilindričnim zupčanicima, reduktorima sa konusno-cilindričnim zupčanicima i planetarnim reduktorima velikih snaga. Takođe nove varijante gradnje rotornih bagera tipa SRs, su sa konzolno postavljenim reduktorima pogona kopanja u cilju smanjenja opterećenja vratila radnog točka bagera.

Ključne reči: rotorni bager, reduktor, otpori kopanja, pogon kopanja

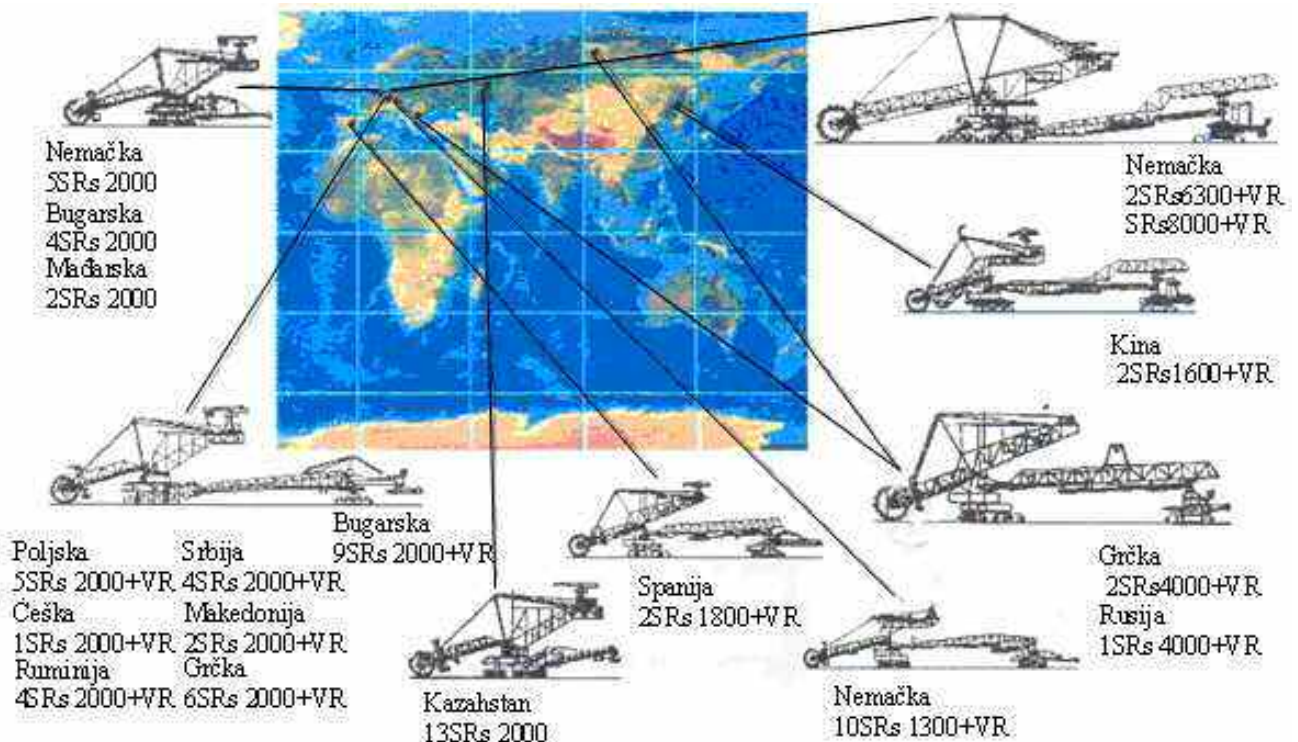
1. UVODNA RAZMATRANJA

Pogon kopanja, sa kupastim prenosnikom i vratilom radnog točka je vitalni deo strukture rotornog bagera. Od njegove ispravnosti i pouzdanosti u radu zavisi kapacitet kao i stabilnost konstrukcije bagera. Proces kopanja rotornim bagerom se ostvaruje složenim kretanjem koje se sastoji od pravolinijskog kretanja vučne mašine, obrtnog kretanja rotora i nosača rotora. Radni točak se okreće oko horizontalne ose, a nosač radnog točka (strela) oko vertikalne ose. Prilikom procesa kopanja javljaju se velika opterećenja kako od otpora kopanja tako i od sopstvene mase konstrukcije bagera.

Vodeće svetske firme koje proizvode rotorne bagere primenjuju različite varijante pogona kopanja koje se razlikuju po načinu oslanjanja radnog točka

bagera i izvođenju i postavljanju reduktora za pogon rotora. Snage tih reduktora zavise od uslova rada bagera, fizičko-mehaničkih osobina materijala koji se reže kao i od projektovanog kapaciteta. Firma Man Takraf je vodeći sveski proizvođač rotornih bagera i na primeru bagera SRs može se sagledati tendencije razvoja pogona kopanja. Najznačajniji deo proizvodnog programa čine bageri tipa SRs1200, SRs1300, SRs1400, SRs1600, SRs1760, SRs1800, SRs2000, SRs4000, SRs6300, SRs8000, sa svojim podvarijantama, koji su zastupljeni širom sveta. Pregled zastupljenosti bagera SRs prikazan je na slici 1 [10]. Od svih navedenih tipova, izrazito veliku primenu imaju rotorni bageri SRs 2000.

U tabeli 1 dat je prikaz zastupljenosti ovog bagera .



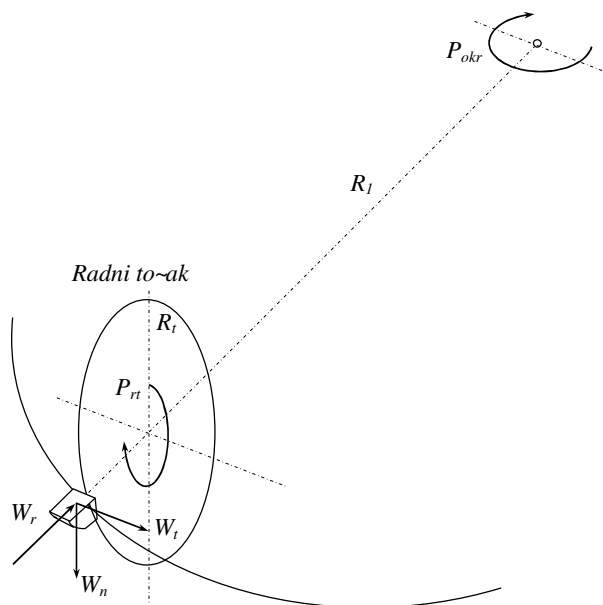
Slika 1. Pregled zastupljenosti bagera SRs

Tabela 1.

SRs2000	Nemačka	5	kom
	Bugarska	4	kom
	Mađarska	2	kom
SRs2000+VR	Bugarska	9	kom
	Grčka	6	kom
	Poljska	5	kom
	Srbija	4	kom
	Rumunija	4	kom
	Makedonija	2	kom
	Češka	2	kom
SRs(K)2000	Kazahstan	13	kom

2. VARIJANTNA REŠENJA POGONA KOPANJA BAGERA SRs

U toku procesa kopanja, zavisno od uslova rada bagera, fizičko-mehaničkih osobina materijala, parametara rezanja i projektovanog kapaciteta, menjaju se i opterećenja pogona kopanja bagera (slika 2) [1],[2],[6],[7].

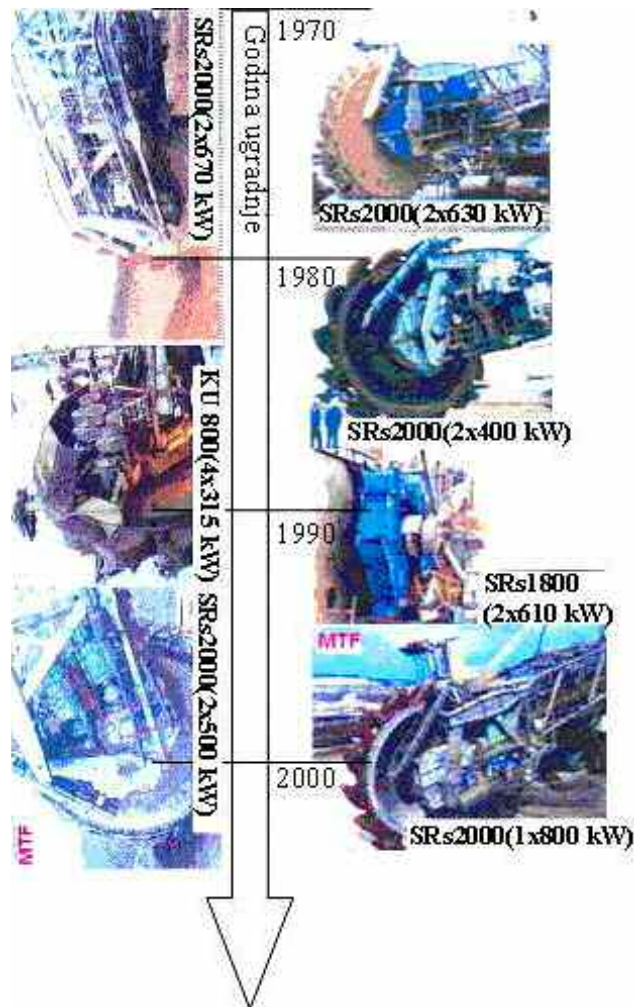


Slika 2. Šema otpora koji deluju na radni točak bagera

Ukupan otpor rezanju se sastoji od (slika 2) [1],[6]:

- tangene komponente otpora rezanju W_t ,
- normalne komponente otpora rezanju W_n ,
- radijalne komponente otpora rezanju W_r .

Navedeni otpori, zajedno sa željenim parametrima rezanja, definišu snagu pogona radnog točka (P_{rt}) i pogona okretanja gornje gradnje (P_{okr}). Vrednosti ovih komponenata zavise od više faktora, pri čemu su karakteristike tla i kapacitet od presudnog značaja. Kako je opšta težnja za ostvarivanjem što većeg kapaciteta iskopanog materijala, to uslovljava i sve veće otpore rezanju. Sa njihovim povećanjem dolazi i do povećanog opterećenja elemenata pogonskog mehanizma a samim time i do povećanja snaga pogona kopanja, što se može videti na vremenskoj skali prikazanoj na slici 3 [3],[5],[10].

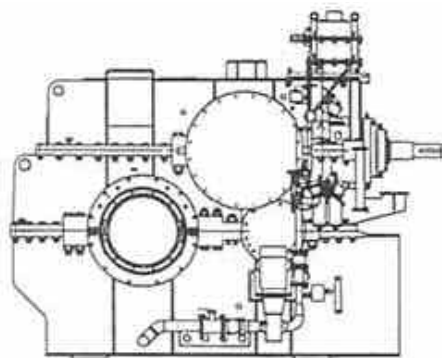


Slika 3. Vremenska skala u primeni reduktora pogona kopanja

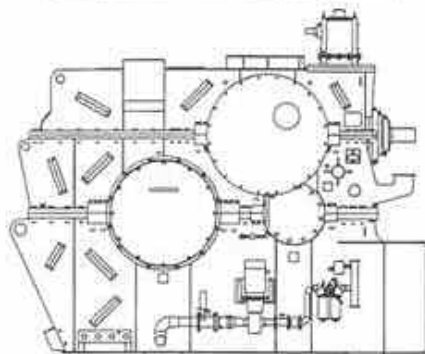
Sedamdesetih godina prošlog veka u primeni su bili reduktori sa cilindričnim zupčanicima, obično dva, snage 2x400 kW i reduktori sa konusno-cilindričnim zupčanicima, 2x630 kW. Sredinom osamdesetih izrađuju se konusno-cilindrični reduktori snage 2x670kW. Pri kraju devedesetih godina prošlog veka u primenu ulaze planetarni reduktori sa konusno-cilindričnim zupčanicima i snagama 1x800 kW i 2x500 kW (slika 4) [4],[10].

S obzirom na velike pogonske snage koje reduktor mora da prenese (više od jednog MW) jedna od značajnih veza, koja direktno utiče na pouzdanost u toku rada, jeste veza reduktora sa rotorom kao i način uležištenja radnog točka.

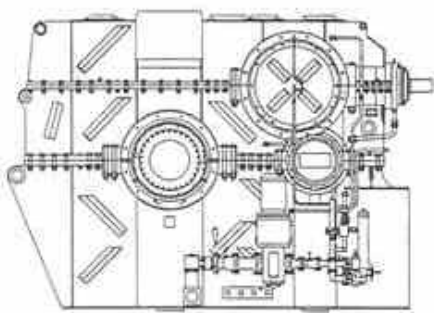
Konstruktivna rešenja planetarnog reduktora su najčešće sa jednim pogonskim elektromotorom velike snage, ređe sa dva pogonska elektromotora manjih snaga. Šuplje izlazno vratilo se završava sa priрубnicom koja služi za prenos obrtnog momenta na rotor.



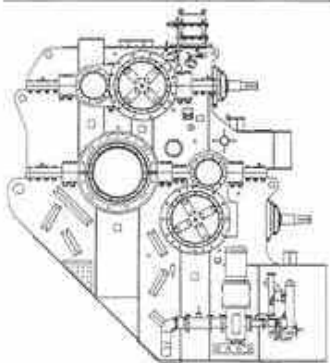
Snaga:
 $P=500$ kW
 Obbrtni moment:
 $T=750\ 000$ Nm
 Masa:
 19000 kg
 Broj obrtaja ulaz/izlaz:
 $955/6$ o/min



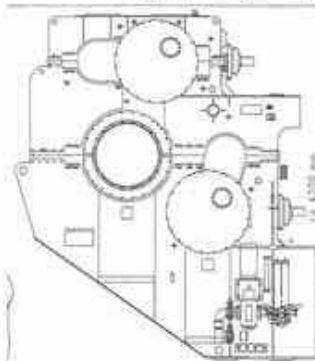
Snaga:
 $P=710$ kW
 Obbrtni moment:
 $T=1\ 600\ 000$ Nm
 Masa:
 29000 kg
 Broj obrtaja ulaz/izlaz:
 $955/4$ o/min



Snaga:
 $P=800$ kW
 Obbrtni moment:
 $T=2\ 250\ 000$ Nm
 Masa:
 38000 kg
 Broj obrtaja ulaz/izlaz:
 $990/3.3$ o/min



Snaga:
 $P=2 \times 500$ kW
 Obbrtni moment:
 $T=2\ 000\ 000$ Nm
 Masa:
 37000 kg
 Broj obrtaja ulaz/izlaz:
 $955/4.8$ o/min



Snaga:
 $P=2 \times 1\ 250$ kW
 Obbrtni moment:
 $T=6\ 600\ 000$ Nm
 Masa:
 80000 kg
 Broj obrtaja ulaz/izlaz:
 $990/3.6$ o/min



Slika 4. Osnovne karakteristike najčešće korišćenih tipovi reduktora pogona kopanja

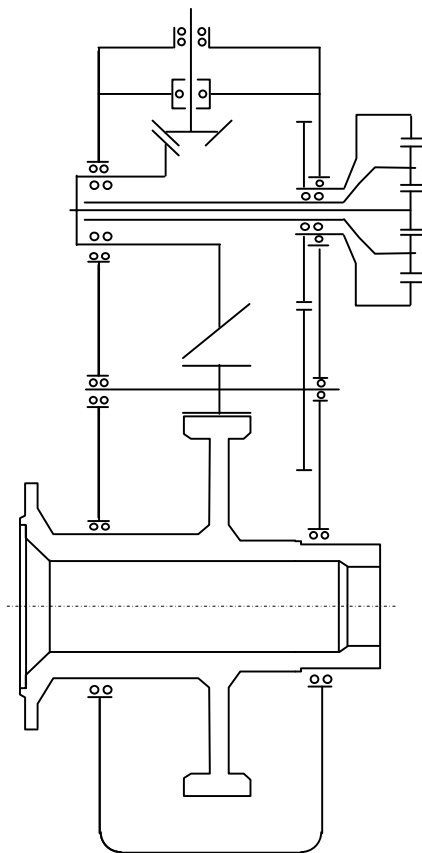
Kroz šuplje vratilo reduktora prolazi vratilo koje je pričvršćen rotor sa konusnim cilindričnim čaurama. Na krajevima tog vratila su oslonci za uležišnje (slike 5 i 6) [8],[9].

Često, zbog nepravilnog održavanja, unutra-

šnje, puno vratilo dobija povećanje ugiba i vremenom dolazi do njegovog kontakta sa krajem šupljeg vratila. Sprečavanje te pojave, koja može da izazove havarijska opterećenja punog i šupljeg vratila, se ostvaruje ugradnjom male membrane, što dodatno poskupljuje

konstrukciju. Primer takvog rešenja prikazan je na slici 6.

Varijanta ugradnje reduktora i radnog točka bagera između dva oslonca pokazala je značajne nedostatke jer je prisutno znatno opterećenje vratila radnog točka usled čega se dešavaju havarije vratila. Vremenom, usled velikog opterećenja vratila, dolazi do kolizije vratila radnog točka i šupljeg vratila



Slika 5. Planetarni reduktor za pogon kopanja

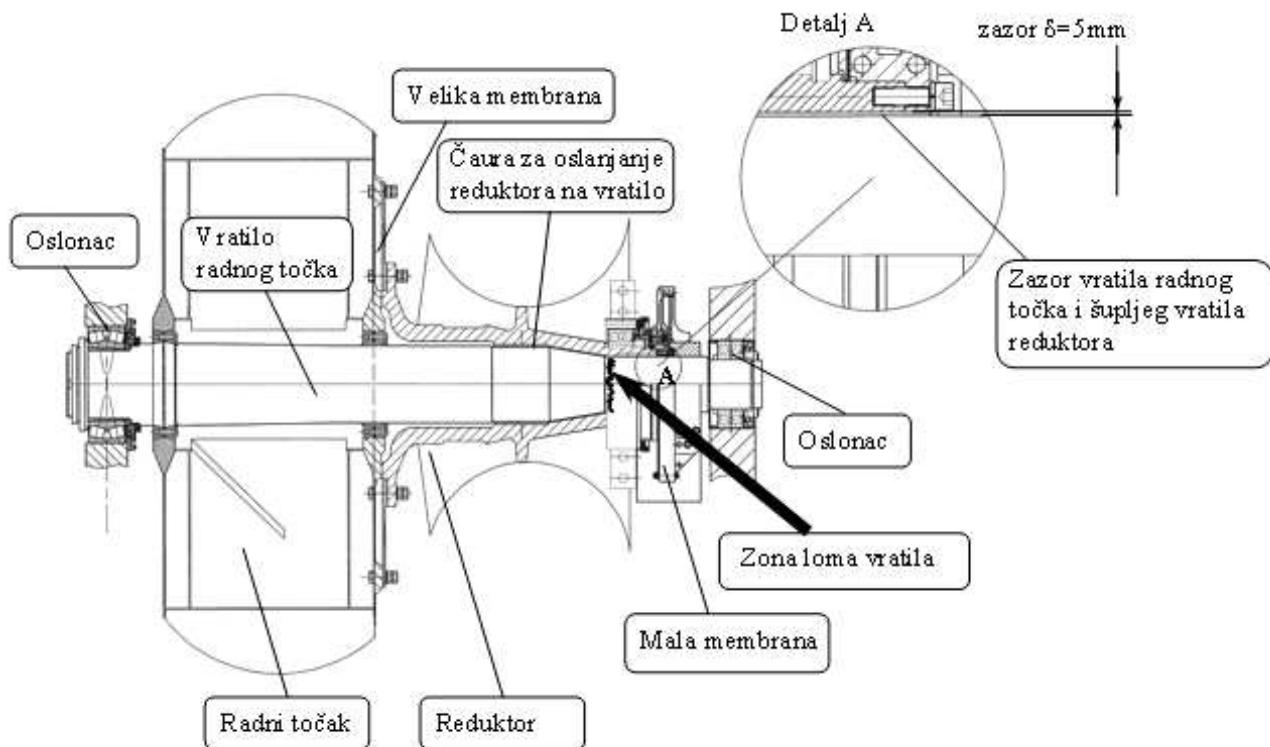
reduktora kopanja, što može izazvati havarijska oštećenja vratila radnog točka.

Izbor načina oslanjanja radnog točka i reduktora kopanja je od velikog značaja za pouzdanost u radu jer je na glavi (vrhu) strele radnog točka lociran veliki broj masa. Primera radi kod bagera SRs 2000.32/5.0+VR92 zbir ovih masa iznosi 150 tona.

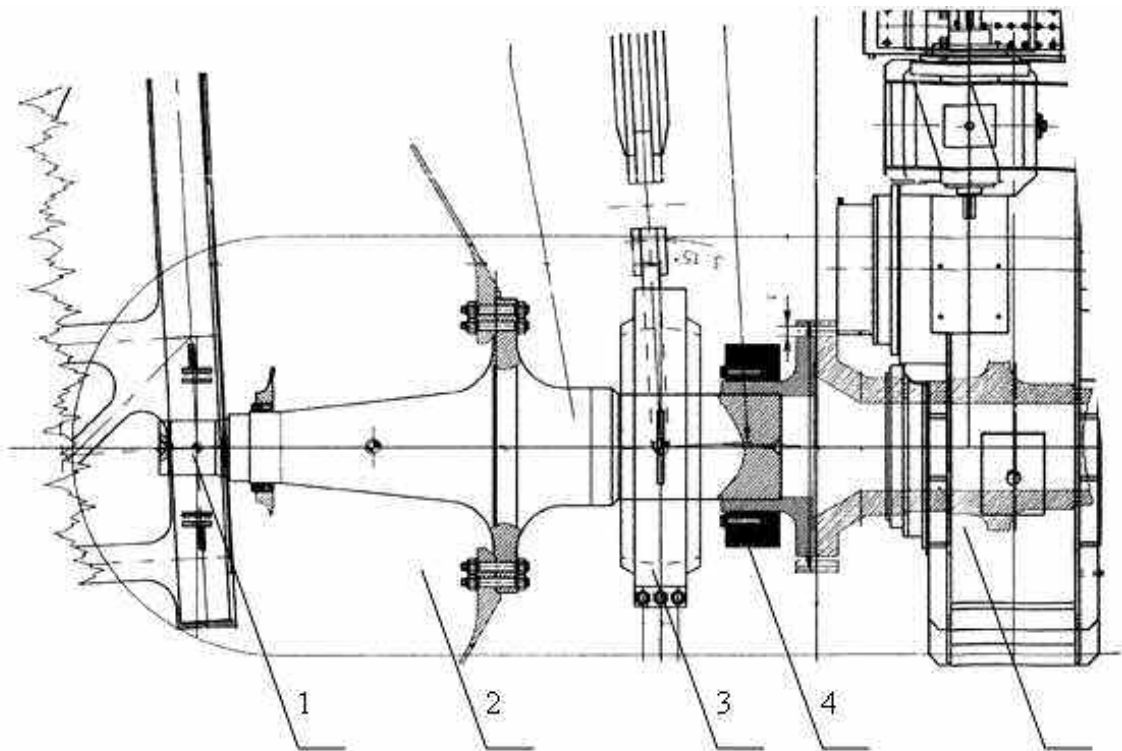
Ako se spoljašnji oslonac punog vratila približi rotoru i uležišti na trougaoni nosač (slika 7a) koji je zgloбно vezan sa strelom bagera onda je izbegnuta pojava havarijskog oštećenja punog i šupljeg vratila. Reduktor se tada konzolno vezuje za radni točak.

Univerzalno rešenje, koje se može primeniti kod oba slučaja oslanjanja radnog točka, prikazano je na slici 7b. Predloženo rešenje uz malu doradu postojeće konstrukcije vrha strele bagera SRs 2000, kao i izradu novog punog vratila, pruža mogućnost ugradnje obe vrste reduktora (konzolno i centralno postavljanje).

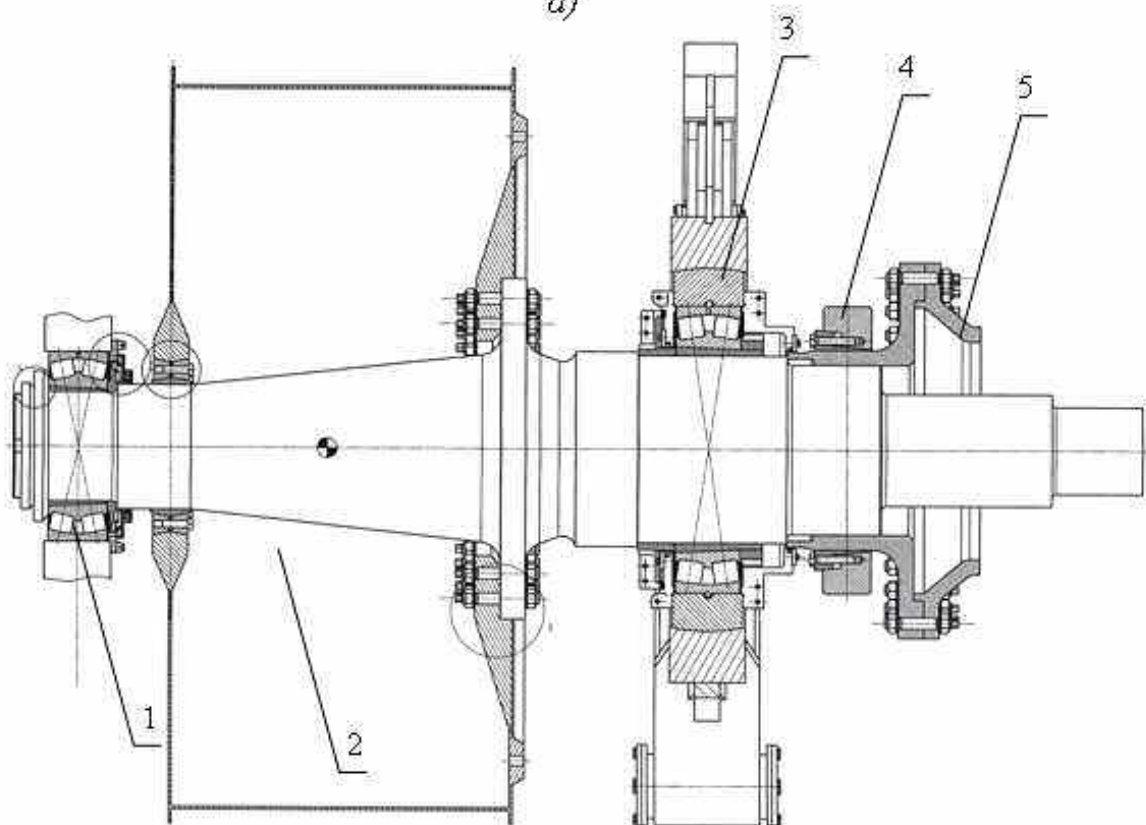
Kod rešenja prikazanih na slici 7a i 7b radni točak bagera je između dva oslonca dok je pogon kopanja postavljen konzolno. Ukupna vrednost masa lociranih na glavi strele radnog točka nije značajno izmenjena u odnosu na prethodne varijante ugradnje.



Slika 6. Varijanta ugradnje reduktora i radnog točka između dva oslonca



a)



b)

- 1-unutrašnji ležaj 2- rotor
 3- Trouglasti nosač spoljašnjeg ležaja vratila rotora
 4- Konusna stezna čaura 5-konzolni položaj reduktora

Slika 7. Varijanta konzolne ugradnje

3. ZAKLJUČAK

Kod vodećih svetskih proizvođača rotornih bagera postoji veliki broj varijantnih rešenja konstruktivnog izvođenja reduktora za pogon kopanja kao i načina njihove ugradnje.

Istraživanja pokazuju da je prisutna tendencija zamene reduktora sa cilindričnim zupčanicima, reduktorima sa konusno-cilindričnim zupčanicima veće snage, a u poslednjim izvedbama planetarnim reduktorima sa konusno-cilindričnim zupčanicima velikih snaga.

Takođe nove varijante gradnje rotornih bagera tipa SRs, su sa konzolno postavljenim reduktorima pogona kopanja. Ovakva varijanta gradnje smanjuje raspon oslonaca radnog točka pogona kopanja, čime se smanjuje opterećenje vratila radnog točka i produžava vek konstrukcije.

LITERATURA

[1] Bošnjak S.: Rotorni rovokopači, Mašinski fakultet Beograd, Beograd 2001.

[2] Gašić M. Savković M. i dr.: "Projekat rekonstrukcije uležištenja i pogona radnog točka bagera SRs 2000.32/5.0 (2x670 kW)+vr92", Mašinski fakultet Kraljevo, 2009.

[3] Janošević D.: Analiza dinamičke stabilnosti hidrauličkih bagera, Časopis IMK -14 -istraživanje i razvoj, br1-2, pp. 7-12, 2002.

[4] Radovanović M.: Određivanje elemenata preseka reznog sloja kod obimnog glodanja sa velikim pomakom, Časopis IMK -14 -istraživanje i razvoj, br10, pp. 25-29, 1999.

[5] Janićijević N.: Određivanje pouzdanosti prenosnika snage mobilnih mašina, IMK -14 -Istraživanje i razvoj, br 2-3, pp. 7-11, 1998.

[6] Gašić M. Jugović Z., Savković M., Čupović M.: "Analiza uticaja otpora kopanju na vezu rotora sa pogonskim vratilom", IMK 14 -Istraživanje i razvoj, br28-29, pp. 169-172, 2008.

[7] Gašić M, Savković M. Marković G., Zdravković N. : "A possible solution connecting a solid and a tubular shaft on the working wheel of rotor excavator SRs 2000", INTERSTROIMECH 2006-International conference, str.25-29, Moscow, 2006.

[8] Gnilke M. Intelligent retrofit solutions for bucket wheel excavators.

http://www.baumaschine.de/Portal/Archive/1_2006/Wissenschaft/schaufelrad/schaufelrad.pdf

[9] Lufth M. Online vibration and load monitoring on bucket-wheel excavators. <http://www.ludeca.com/casestudy/telediag0705-1.pdf>

[10] Prospektna dokumentacija MAN Takraf. <http://www.takraf.com>

ANALYSIS OF THE SRs BUCKET WHEEL EXCAVATOR EXCAVATION DRIVE SOLUTIONS

Abstract: An analysis of the SRs bucket wheel excavator excavation drive solutions has been performed in this paper. The trend of switching from reduction gearing with spur gears to gear units with straight bevel gears and large power planetary gearing has been distinguished. Also, the new construction solutions of SRs bucket wheel excavator include console mounted excavation drive reduction gearing in order to reduce the load of the wheel shaft.

Key words: bucket wheel excavator, reduction gearing, excavating resistance, excavation drive