

Mr Dušan PETROVIĆ, dipl. maš. ing.
Mašinski fakultet, Beograd

UTICAJ DETERMINISTIČKIH PARAMETARA SKLADIŠNOG SISTEMA NA CIKLUS RADA UREĐAJA ZA OPSLUŽIVANJE

1. UVOD

Razmatranje sistema kretanja materijala prikazano je na skladišnim sistemima sa visoko regalnom dizalicom (VRD) kao transportno manipulativnim uređajem koji se koristi za opsluživanje. Model, razvijen i primenjen u radu, koji opisuje rad i konfiguraciju skladišnog sistema proistekao je iz analize realizovanih skladišnih sistema [2,3]. Široka primena skladišnog sistema omogućuje i veliku primenu zaključaka do kojih se došlo modeliranjem i analizom. Skladišni sistem je danas industrijski sistem kao i proizvodni, procesni ili bilo koji drugi, sa svim parametrima, svojstvima i zakonima ponašanja koji važe za sve sisteme istih ili sličnih karakteristika.

Analizirana visokoregalna skladišta čine skladišta sa jednom VRD-om i to tako da minimalno imaju 5 nivoa paleta po visini pa redom do 24 paletna mesta po visini, što ukupno čini sistem od 20 različitih konfiguracija skladišta. To znači da se visina (H) ovako formiranog sistema skladišta kreće od 7 m do 29.8 m, a odgovarajuća dužina (L) skladišta od 31 m do 133 m. Ovakav sistem skladišta zastupljen je u velikom broju postojećih visoko regalnih skladišnih sistema u svetu i obuhvata uobičajene konfiguracije u ovoj oblasti projektovanja i realizacije sistema.

Izračunat je ciklus rada dizalice za sve pomenute konfiguracije skladišta koristeći model po FEM-u [4], i na osnovu tako dobijenog prosečnog trajanja ciklusa rada T_c dobijen je intenzitet opsluživanja sistema μ .

Specifične karakteristike anaiziranih skladišnih sistema obuhvataju neiskorišćenu visinu paletnog regala ispod prvog paletnog mesta. Uzeta je u razmatranje standardna euro paleta dimenzija 1200×800×145 mm, i visinom paletnog mesta 1200 mm koja je užom stranom okrenuta

prema hodniku. Dodatna vremena za ciklus rada dizalice su: $t_d=10$ s – pripremno vreme, $t_u=10$ s – dodatno vreme za uvlačenje/izvlačenje viljušaka i $t_v=10$ s – dodatno vreme fine vožnje.

2. GEOMETRIJSKI PARAMETRI I NJIHOV UTICAJ NA PONAŠANJE I RAD SKLADIŠNOG SISTEMA

Analizom je obuhvaćen uticaj promene geometrijskih odnosno fizičkih parametara sistema, tj. različitih konfiguracija sistema na ciklus uređaja za opsluživanje (VRD). Razmatrani su sledeći geometrijski parametri: [1]

H – visina skladišta,

L : H – uzajamni odnos visine i dužine skladišta,

V_x i V_y – brzine kretanja uređaja pri radu u skladištu po x i y osi,

a_x i a_y – ubrzanje pri kretanju i zaustavljanju uređaja po x i y osi.

Da bi se kvantifikovao uticaj parametra μ na sistem neophodno je razmatrati uticaj svakog od pomenutih parametara jer svaka promena geometrijskih karakteristika sistema uslovljava i promenu trajanja ciklusa opsluživanja a time i promenu parametra μ . Model trajanja ciklusa obuhvaćen je minimalnim, maksimalnim i srednjim trajanjem.

Za dalji rad pod variranjem trajanja ciklusa se podrazumeva:

- minimalni ciklus – ciklus da bi bio minimalan po trajanju mora da podrazumeva minimalni odnos dužine i visine skladišta, maksimalne brzine kretanja po x i y pravcu, kao i maksimalna ubrzanja po x i y pravcu,
- maksimalni ciklus – ciklus da bi bio maksimalan po trajanju mora da podrazumeva maksimalni odnos dužine i visine skladišta, minimalne brzine kretanja po x i y pravcu, kao i minimalna ubrzanja po x i y pravcu,
- srednji ciklus – ciklus da bi bio srednji podrazumeva srednji preporučeni odnos dužine i visine skladišta i srednju brzinu kretanja po x i y pravcu, kao i srednje ubrzanje po x i y pravcu.

U razmatranju koje sledi sa $\Delta\mu$ je prikazana promena uticaja razmatranog parametra a ukupno variranje daje uticaj ostala tri parametra. Razmatrani su uticaji promene jednog po jednog parametra na ciklus

opsluživanja tako što su za ostale parametre uzimane određene fiksne vrednosti poštujući definisane kriterijume za dobijanje maksimalnog, srednjeg i minimalnog ciklusa rada.

2.1. Parametar visine skladišnog sistema (H)

Ovaj parametar obuhvata uticaj visine skladišnog sistema, odnosno broj nivoa (paletnih mesta) po visini. Pregled dobijenih rezultata dat je na Slici 1.

Za maksimalni intenzitet opsluživanja (minimalni ciklus *):

$$\Delta\mu = 1.112 - 0.639 = 0.473$$

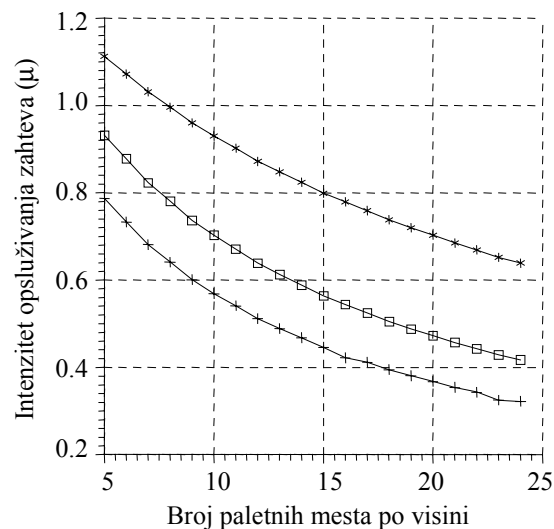
Za minimalni intenzitet opsluživanja (maksimalni ciklus +):

$$\Delta\mu = 0.787 - 0.322 = 0.465$$

Za srednji intenzitet opsluživanja (srednji ciklus -):

$$\Delta\mu = 0.932 - 0.417 = 0.515$$

Slika 1. Oblast uticaja visine skladišnog sistema



Na Slici 1 dat je dijagram uporednih vrednosti za minimalni, maksimalni i srednji intenzitet opsluživanja u odnosu na broj paletnih mesta po visini i parametar μ iz koga se uočava oblast vrednosti koje može da uzme promenljiva, odnosno koje vrednosti promenljive mogu da uzmu za

sve varirane visine skladišta. Jasno se uočava da projektant može da sagleda sa dijagrama koliko može da utiče na parametar μ variranjem geometrijskog parametra visine skladišnog sistema. Ukupno variranje parametra μ je od 0.325 jedinica za minimalnu visinu (NB=5), 0.317 jedinica za maksimalnu visinu (NB=24) i za prosečnu visinu (NB=15) je 0.333 jedinica.

2.2. Parametar odnosa dužine i visine skladišnog sistema (L:H)

Ovaj parametar obuhvata uticaj odnosa dužine (L) i visine (H) skladišnog sistema koji može da se kreće u okviru preporučenih vrednosti za ovakve sisteme od L:H=1:4 do L:H=1:5. Pregled dobijenih rezultata uticaja dat je na slici 2.

Za maksimalni intenzitet opsluživanja (minimalni ciklus *):

$$\Delta\mu = 1.049 - 1.009 = 0.04$$

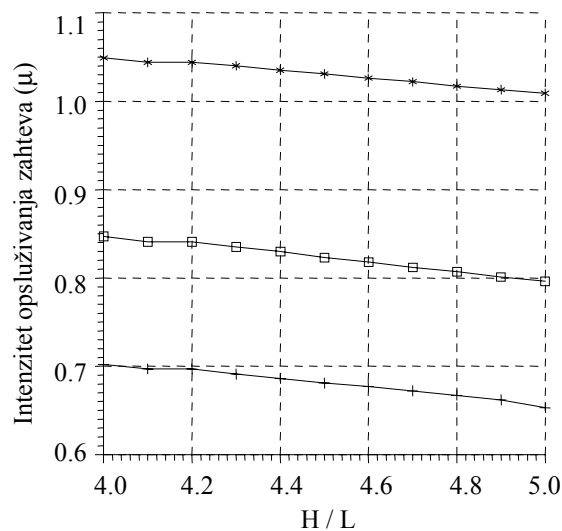
Za minimalni intenzitet opsluživanja (maksimalni ciklus +):

$$\Delta\mu = 0.702 - 0.653 = 0.049$$

Za srednji intenzitet opsluživanja (srednji ciklus):

$$\Delta\mu = 0.847 - 0.796 = 0.051$$

Slika 2. Oblast uticaja odnosa L:H skladišnog sistema



Na Slici 2. dat je dijagram uporednih vrednosti za maksimalni, minimalni i srednji intenzitet opsluživanja μ u zavisnosti od odnosa L:H. Koristeći dijagram može da se sagleda uticaj variranja odnosa L:H na vrednost parametra μ . Za isti odnos L:H variranje parametra μ je 0.338 jedinica kada je taj odnos minimalan (L:H=4), odnosno 0.356 kada je taj odnos maksimalan (L:H=5), dok je za prosečni odnos ta veličina 0.35 jedinica (L:H=4.5).

2.3. Parametar odnosa brzina kretanja VRD ($V_x:V_y$)

Brzina je razmatrana za kretanje duž X ose (brzina horizontalnog kretanja) i kretanje duž Y ose (brzina dizanja), s tim da se zbog fizikalnosti sistema mora ograničiti vrednost maksimalne i minimalne vrednosti za svaku od brzina, što je u direktnoj funkciji karakteristika sistema koji se razmatraju.

Poštujući preporučene vrednosti geometrijskih parametara sistema (prema FEM propisu [4]), nije moguće ostvariti ciklus VRD za pojedine odnose $V_x:V_y$. Pregled dobijenih rezultata dat je na Slici 3.

Za maksimalni intenzitet opsluživanja (minimalni ciklus *):

$$\Delta\mu = 1.048 - 0.754 = 0.294$$

Za minimalni intenzitet opsluživanja (maksimalni ciklus +):

$$\Delta\mu = 0.799 - 0.658 = 0.141$$

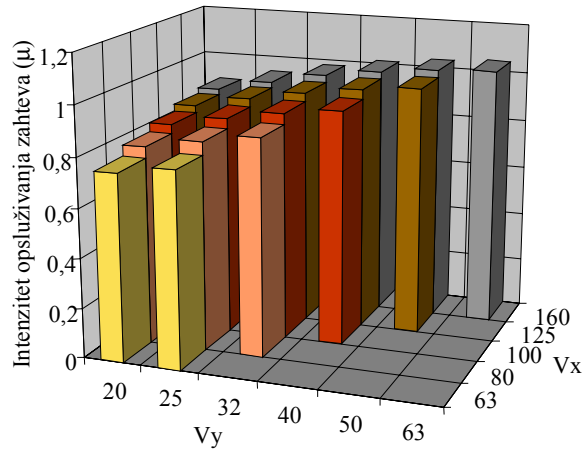
Za srednji intenzitet opsluživanja (srednji ciklus):

$$\Delta\mu = 0.958 - 0.716 = 0.242$$

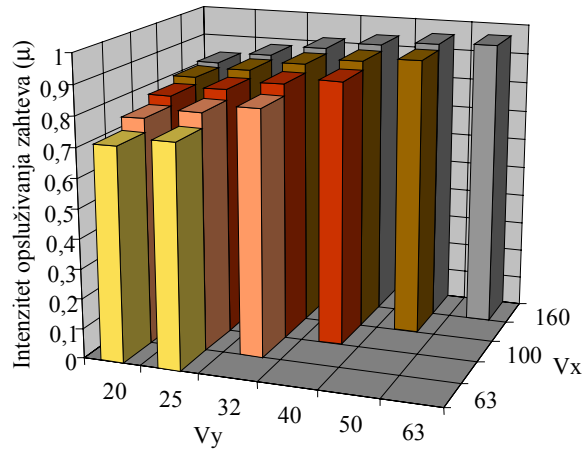
Na slici 3. dat je 3D – dijagram uporednih vrednosti za maksimalni, minimalni i srednji intenzitet opsluživanja u odnosu na variranje brzine V_x i V_y duž odgovarajućih osa i parametra μ iz koga se uočava oblast iz koje promenljive mogu da uzmu vrednosti. Projektant lako uočava koliko može da utiče na parametar μ variranjem brzine V_x i V_y kao geometrijskih parametara sistema. Razlika za iste odnose brzina V_x i V_y za maksimalni ciklus je 0.244, za minimalni ciklus 0.096, dok je za prosečan ciklus ta vrednost 0.170.

Slika 3. Oblast uticaja odnosa $V_x:V_y$ VRD

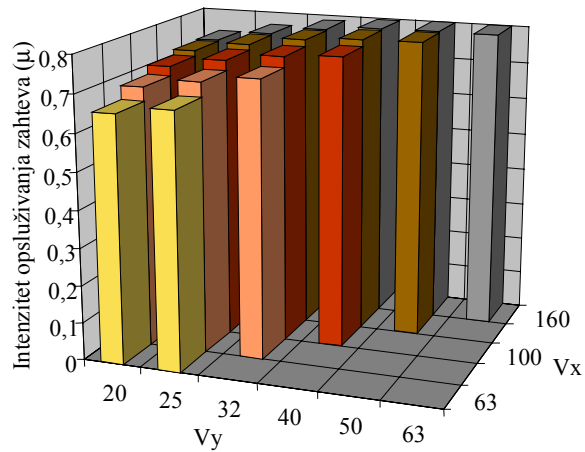
Minimalni ciklus



Srednji ciklus



Maksimalni ciklus



2.4. Parametar odnosa ubrzanja kretanja VRD ($a_x:a_y$)

Ubrzanje je razmatrano za kretanje duž X ose i kretanje duž Y ose, stim da se zbog fizikalnosti sistema mora ograničiti maksimalna i minimalna vrednost za svako od pomenutih ubrzanja. Pregled dobijenih rezultata dat je na slici 4.

Za maksimalni intenzitet opsluživanja (minimalni ciklus *):

$$\Delta\mu = 1.078 - 0.827 = 0.251$$

Za minimalni intenzitet opsluživanja (maksimalni ciklus +):

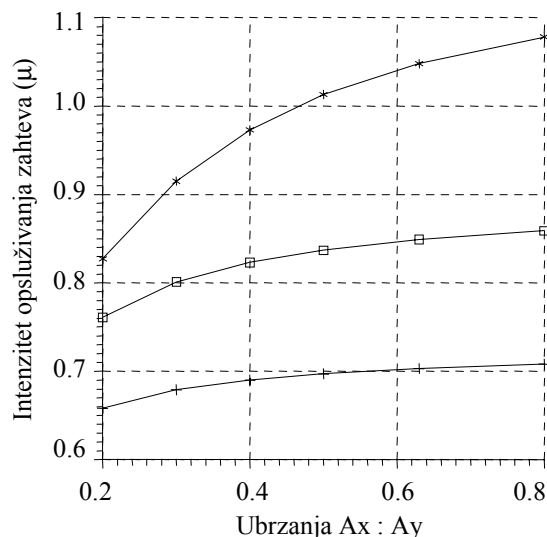
$$\Delta\mu = 0.708 - 0.658 = 0.050$$

Za srednji intenzitet opsluživanja (srednji ciklus -):

$$\Delta\mu = 0.859 - 0.761 = 0.098$$

Na Slici 4. dat je dijagram uporednih vrednosti ubrzanja za maksimalni, minimalni i srednji intenzitet opsluživanja μ u odnosu na varirano ubrzanje po X i Y osi. Projektant uočava i lako očitava koliko može da utiče na parametar μ variranjem ubrzanja a_x i a_y , kao geometrijskih parametara. Razlika uticaja za isti odnos ubrzanja a_x i a_y je za maksimalni odnos je 0.37 jedinica, odnosno 0.169 jedinica za minimalni odnos, dok je za prosečni odnos 0.283 jedinica.

Slika 4. Oblast uticaja odnosa $a_x:a_y$ VRD



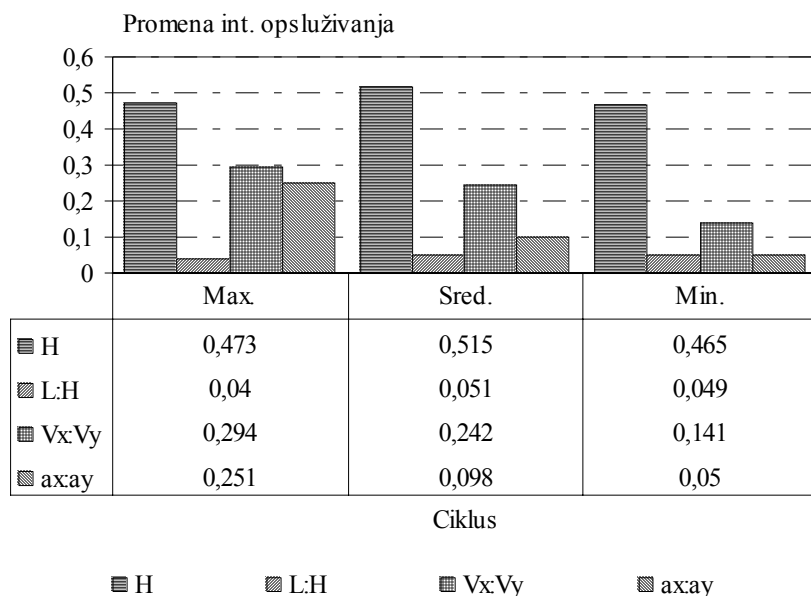
3. REZULTATI ANALIZE

Pregledom dobijenih rezultata može se zaključiti da se najveći uticaj intenziteta opsluživanja VRD može ostvariti promenom parametra visine ako su ostali parametri fiksirani po vrednosti, zatim promenom brzine kretanja (prosečno je ovaj uticaj 50% manji), dok je uticaj odnosa parametara L:H i a_x i a_y zanemarljiv i iznosi do 10% najvećeg uticaja. Ova-ko grupisani rezultati su prikazani na Slici 5.

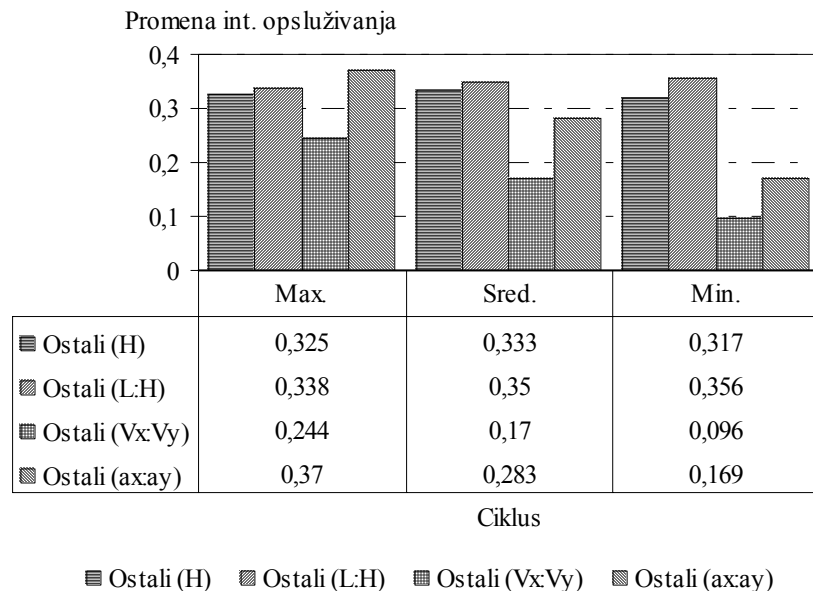
Uticaj združenih parametra, u ovom slučaju po tri, je približno jednak kada se kombinuju parametri: L:H, V_x i V_y , a_x i a_y ; H, V_x i V_y , a_x i a_y ; i H, L:H, V_x i V_y ; dok je uticaj kombinacije parametara H, L:H, a_x i a_y , manji, odnosno po vrednosti ne premašuje 50% od vrednosti drugih kombinacija parametara. Rezultati zajedničkih uticaja parametara dati su na Slici 6.

Dosada obavljena i prezentirana analiza urađena je na bazi jednustrukog ciklusa (računatog prema FEM propisu [4]) tako što je obuhvaćen stacionarni i nestacionarni režim rada VRD.

Slika 5. Pojedinačni uticaj geometrijskih parametara



Slika 6. Zajednički uticaj pojedinih geometrijskih parametara



4. ZAKLJUČAK

Sa stanovišta projektantske prakse deterministički pristup u modeliranju je jednostavniji i korišćenjem prosečnih zadatih veličina se ulazi u proračune. Mogućnost njihove primene je ograničena kod modeliranja složenih sistema, odnosno kada usvojeni model treba da realno reprezentuje stvarni sistem obuhvatajući sve uticajne faktore. Ovakav pristup može da da zadovoljavajuće rezultate kada su sve veličine približno determinističke. Pojedine veličine mogu da se koriguju uvođenjem dinamičkih koeficijenata koji obuhvataju znatna odstupanja od prosečnih veličina.

Korisniku dijagrama je omogućeno da sagleda ukupni uticaj svakog parametra na mogući – željeni intenzitet opsluživanja. Dobijeni dijagrami mogu da se koriste u naučnoj i projektantskoj praksi kao granične vrednosti do kojih mogu da se variraju performanse sistema, odnosno definisane su oblasti primene odgovarajućih parametara. Posebno su formirani uporedni dijagrami zajedničkog uticaja grupe parametara kada je jedan od parametara fiksiran na intenzitet opsluživanja.

Ovi rezultati omogućuju korisniku – projektantu da unapred zna kojim variranjem nekog od pomenutih parametara koliko i kako može da utiče na konačne performanse sistema, kao i da odredi granice uticaja koje mogu da se ostvare odgovarajućim variranjem parametara.

LITERATURA

- [1] Petrović, D.: Prilog određivanju kapaciteta transportnog sistema kod stohastičkih procesa kretanja u metaloprađivačkoj industriji, Magistarski rad, Mašinski fakultet, Beograd 1991.
- [2] Petrović, D., Dukanac, D., i saradnici: Glavni tehnološko–mašinski projekat visokoregalnog skladišta lekova, rađeno za ZORKA–Pharma, Šabac, ENERGOPROJEKT – industrija m.d.d., Beograd, 1997.
- [3] Zrnić, Đ., Petrović, D.: Projekat skladišta rezervnih auto delova Zastava promet – Beograd, prva faza, Mašinski fakultet, Beograd, 1992.
- [4] F d ration Europe de la Manutention – FEM, No. 9.851

INFLUENCE OF THE DETERMINISTIC PARAMETERS OF THE WAREHOUSE SYSTEM ON THE S/R MACHINES WORKING CYCLE

– Summary –

The paper deals with the influence of deterministic parameters of the high bay warehouse system to the service rate of the S/R machine. The analyzed deterministic parameters are: height of the high bay rack, ratio of height and length of the high bay rack, ratio of velocities in x and y direction and ratio of acceleration in x and y direction. The influence of each parameter is shown as well as group influence of some parameters on service rate of the S/R machine. The benefit of the end user – designer is pointed out.