

Biblid: 0350-2953 (2005) 31: 3, p 136 - 142
UDK: 631.295; 631.554; 631.565

Originalni naučni rad
Original scientific paper

OPTIMALIZACIJA TRANSPORTA U ŽETVI

OPTIMIZATION OF TRANSPORT IN HARVESTING

Turan, J.*

REZIME

Na osnovu pregleda literature dolazi se do konstatacije da se broj kombajna i dinamika žetve planiraju tako da se zadovolje agrotehnički rokovi žetve, dok se broj transportnih sredstava određuje iskustveno, po potrebi, uz mnogo lutanja i promašaja u vezi sa izgubljenim vremenom, pri čekanju na utovar ili pak na istovar.

Sa teoretskog polazišta za određivanje optimalnog modela žetve, transporta i skladištenja primenjena je teorija masovnog opsluživanja zatvorenog tipa sa kompleksnom analizom uticaja sve tri celine međusobno. U početku posmatra se žetva i opsluživanje transportnih sredstava od kombajna. Radi uporedivosti simuliranih parametara izrađen je paket programa za simulaciju problema na PC računaru.

Ključne reči: transport, žetva, troškovi, optimalizacija

SUMMARY

Based on a literature checkup we come to ascertainment that the number of combine harvesters and the dynamics of harvest are planed that the agrotechnical terms of harvest are being satisfied, while the number of carriers is being determined experiently by need with a lot of wandering and misses in term of time lost while waiting for loading or unloading.

From theoretical point of view for determination of optimal harvest model, for transport and storage theory of mass serving closed type with complex analysis among all of three manifolds is applied. In the begining harvest and serving of carriers by combine harvester are being opserved. Because of comparison of simulated parameters, software for simulation of problems is made on PC computer.

Key words: transport, harvest, expenses, optimization

UVOD

U žetvenom sistemu koji sačinjavaju: berba kombajnom - transport - prijem na skladišnom centru, transport predstavlja najfleksibilniju kariku i kao takav je podložan teškoćama, koje su karakteristične samo za transport. Transportni agregati učestvuju u javnom saobraćaju i ceo sistem transporta podložan je spoljnim uticajima koji često nisu predvidivi i ne mogu da se kontrolišu, npr. javni saobraćaj i zastoji saobraćajne prirode. Na učinak transporta utiču faktori: udaljenost od mesta utovara do mesta istovara, vreme čekanja na utovar, istovar ili pak na merenje, vreme utovara, odnosno istovara i naravno na

* Dr Jan Turan, docent, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 8.

kapacitet transporta utiče nosivost transportnih agregata i radna brzina agregata kako sa teretom, tako i bez tereta. Parametar na koji ne može da se utiče jeste udaljenost parcele od skladišnog centra. Na žalost, često se dešava da je ova udaljenost i preko 20 km, što u svakom slučaju utiče otežavajuće na proračun i samo određivanje broja i vrste transportnih agregata.

U praksi se najčešće prvih dana počne sa iskustvenim brojem transportnih agregata i po proceni rukovodioca žetve narednih dana se pribegava dodavanju ili pak smanjivanju broja transportnih agregata. Neosporno je jedno, a to je da je cena rada, odnosno nerada transportnog agregata niža od cene nerada kombajna. Smatra se da je neophodno da kapacitet transportnih agregata (t/h) prevazilazi kapacitet kombajna.

Tehnologija transporta sadrži operacije koje čine jedan transportni ciklus. Transportni ciklus počinje dolaskom transportnog sredstva na mesto utovara, a završava se ponovnim dolaskom na utovar. Njega čine mnoge operacije koje je potrebno obaviti u toku kretanja neopterećenog i opterećenog vozila, prilikom utovara i istovara materijala.

MATERIJAL I METOD RADA

Sa teoretskog polazišta za određivanje optimalnog modela žetve, transporta i skladištenja primenjena je teorija masovnog opsluživanja zatvorenog tipa sa kompleksnom analizom uticaja sve tri celine međusobno. U početku posmatra se žetva i opsluživanje transportnih sredstava od kombajna. Radi uporedivosti simuliranih parametara izrađen je paket programa za simulaciju problema na PC računaru.

Prva faza je definisanje transportnog ciklusa i simuliranje preko PC računara učinka i troškova prevoza zrna transportnim agregatima.

Druga faza je definisanje troškova rada, odnosno nerada kombajna i transportnih sredstava, zbog zastoja organizacionog karaktera, za dati broj kombajna i transportnih sredstava. Time je omogućena trenutna brza provera modela određenog realnog sistema, na osnovu čega logično proizilazi sledeća faza u razvoju softverskog paketa, gde se određuje optimalno rešenje u pogledu maksimalne produktivnosti rada mašina i radnika, pri čemu se za dati broj kombajna računskom simulacijom pronalazi optimalan broj transportnih sredstava.

Preko ovih faza dobija se optimalno rešenje za određenu kombinaciju transporta i žetve, s tim da se u definisanju rada prijemnog centra polazi od broja i kapaciteta transportnih sredstava dobijenih iz prethodne faze.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Gledano sa praktične strane, na problem optimizacije žetve, transporta i skladištenja kao jedne celine tehnološkog lanca žetve, mora se poći od ustaljenih vrednosti kapaciteta pojedinih karika. Tako, prijem, odnosno skladištenje, kao interesantna karika sistema je limitirana kapacitetom pojedinih segmenata, mada se kapacitet prijema najčešće definiše preko propusne moći prijemnog koša. U najviše slučajeva ovaj kapacitet je 60 t/h sa rasponom od 30 do 120 t/h (Babić i sar, 2002). Kod osnovnog usklađivanja kapaciteta prijema i žetve (berbe) u slučaju rada savremenih visokokapacitetnih kombajna (učinka 25 do 30 t/h) dolazi se do grube procene da su potrebna dva kombajna za opsluživanje jednog istovarnog mesta, tj. prijemnog koša skladišnog centra. Kao redovan slučaj na skladišnim

centrima postoji više prijemnih koševa, što u načelu povećava kapacitet prijema 2, 3 i više puta.

U ovom slučaju transport treba posmatrati kao najfleksibilniji deo sistema, jer kao takav sastoji se od više paralelnih-nezavisnih agregata i po potrebi tehnički na najlakši način se dodaje ili pak izbacuje iz primene pojedini agregat. Zbog toga se u prvoj fazi teorijskog definisanja sistema najpre definiše transport, kao najfleksibilnija karika, da bi se u daljem proračunu kod proračuna žetve, pokazatelji transporta kao klijenti u sistemu masovnog opsluživanja mogli s odgovarajućom pouzdanošću uzeti kao relevantni.

Analiza tehničko-tehnoloških pokazatelja transporta

Parametri transporta koji dominiraju su: korisna nosivost, cena sata rada transportnog sredstva, interval vožnje i ukupni troškovi transporta. Cena transporta iskazuje se u din/toni prevezenog tereta ili u din/h. U slučaju obračunavanja u din/h neophodno je postaviti organizaciju transporta na taj način da vreme čekanja na utovar i istovar bude minimalno, s tim da vreme organizacionog zastoja kombajna ne postoji ili pak da se teži ka minimalnoj vrednosti. Trajanje transportnog ciklusa direktno utiče, zajedno sa nosivošću agregata, na broj i strukturu transportnih sredstava u žetvenom sistemu. Ukupni troškovi su troškovi koji nastaju celokupnim angažovanjem transportnih agregata. Najčešće merilo kod izbora transportnih agregata je da ovi troškovi budu što je moguće manji.

Transport kao najkompleksniji deo u žetvenom sistemu, zadaje najveće teškoće u slučajevima kad se simulira ili pak modelira sam proces berba-transport-prijem. Kod transporta neophodna je odluka koja vrsta transporta će se primeniti u konkretnim uslovima. Najčešće je to slučaj odabira tipa transportnih agregata: kamionski ili traktorski agregati.

Bitni pokazatelj transporta je nosivost agregata (M_k). Nosivost agregata ima stalnu blagu tendenciju rasta. Tako je '70-tih godina prošlog veka dominantna prikolica na našim imanjima bila nosivosti 3 t, dok je danas 8 do 12 t, uz stalnu tendenciju rasta.

Od tehničko-tehnoloških pokazatelja koji utiču na transportni ciklus značajno je da svaki na svoj način i da svaki od ovih činilaca se može na određeni način da utiče da se smanji. Do smanjenja vremena utovara (t_u) može doći, na taj način, ako se uvede bunker samoistovarna prikolica, koja kruži po parceli i skuplja zrno od grupe kombajna i puni na uvratinama transportne prikolice. Vreme teretne vožnje zavisi od teretne brzine (v_{tr}) i dužine maršrute "teretnog puta" (s_{te}) i od stanja podloge po kojoj se vozi, u principu što je duža relacija duža je i deonica sa čvrstom podlogom (asfalt), pa je samim tim i veća prosečna brzina transporta. Slično se ponaša vreme prazne vožnje (t_{pr}). Vreme merenja (t_m) i vreme istovara (t_i) pojavljuju se kao neminovnost u transportnom ciklusu, a time i u celokupnoj organizaciji transporta. Na dužinu vremena istovara utiče način otvaranja i zatvaranja transportnih prikolica i način pražnjenja prikolica. Ekonomski je neopravdano uvoditi brže uređaje za pražnjenje ("kipovanje"), jer je, ipak, reč o veoma kratkom učešću vremena u vremenu ciklusa. Ako dođe do situacije čekanja na istovar, što se dešava u slučajevima povećanog dotoka zrna sa parcela (otvoreni sistem masovnog opsluživanja), nastupaju neki novi uslovi žetve za koje je neophodna kompleksnija analiza i rešenja ili pak treba pribeći tehnološki nepopularnom i neprihvatljivom rešenju pražnjenju zrna na gomile.

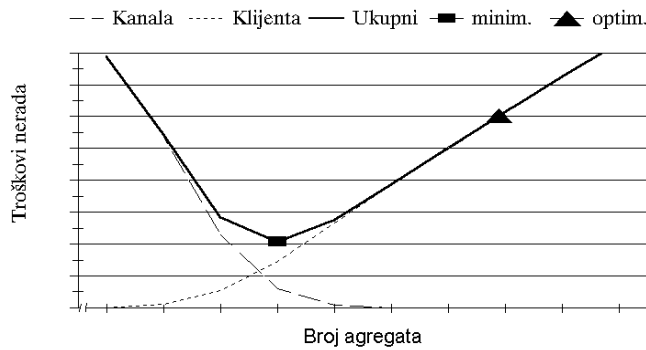
Najviše rezervi u smanjenju vremena trajanja ciklusa, a samim tim povećanja učinka transporta ima vreme teretne i prazne vožnje. Na ova vremena može da se utiče:

- povećanjem transportne brzine,
- izgradnjom puteva sa čvrstom podlogom,

- uvođenjem savremenih traktora sa većom maksimalnom brzinom (40 - 50 km/h).

Ukupni troškovi nerada sistema žetva-transport padaju porastom broja transportnih agregata do određene granice da bi posle počeli da rastu, ali blažim tempom od tempa opadanja.

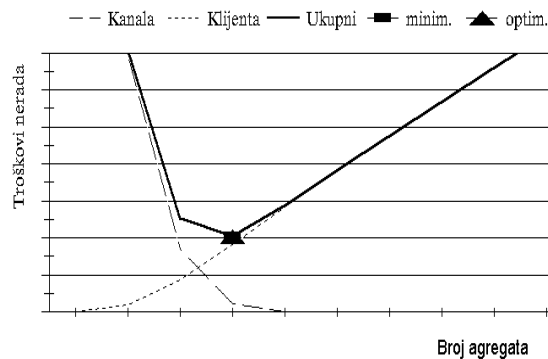
Na liniji funkcije kretanja ukupnih troškova nerada karakteristične su dve tačke. Prva karakteristična tačka je minimum funkcije. Ova tačka (kvadrat na dijagramu sl. 1) predstavlja broj transportnih agregata (5) pri čemu su troškovi nerada sistema žetva-transport minimalni. Sa gledišta maksimalnog učinka često se dešava da ovaj broj transportnih agregata ne zadovoljava kriterijum maksimalnog učinka. Tačka postizanja maksimalnog učinka (trougao, sl. 1) u konkretnom slučaju je pomerena na broj transportnih agregata 9.



Sl. 1. Kretanje troškova nerada sistema: kanal-klijent (žetva-transport) pri 50 t/h, transportni agregat 2 x 8 t i teretni put od 20 km

Fig. 1. Movement of expenses during sistem vacuity: channel - client (harvest - transport) at 50 t/h, transport unit 2 x 8 t and freight road 20 km long.

Na slici 2 prikaz je slučaj kada se tačka minimalnih troškova nerada i tačka maksimalnog učinka poklapaju.



Sl. 2. Kretanje troškova nerada sistema: kanal-klijent (žetva-transport) pri 100 t/h, transportni agregat 1 x 32 t i teretni put od 4 km

Fig. 2. Movement of expenses during sistem vacuity: channel - client (harvest - transport) at 100 t/h, transport unit 1 x 32 t and freight road 4 km long.

U savremenoj proizvodnji u Zapadnoj Evropi koriste se samoistovarne prikolice. Kombajn se prazni u hodu u jednu takvu prikolicu, koja opslužuje više kombajna. Vučena je odgovarajućim traktorom i kapaciteta je 15 t - 20 t. Prikolica se prazni u transportne agregate, koji čekaju na krajevima parcele i ne ulaze u parcelu. Brzina pražnjenja ovakve samoistovarne prikolice je oko 10 tona/min (sl. 3).



Sl. 3. Samoistovarna prikolica u radu

Fig. 3. Self unloading trailer in operation

Kapacitet ovakve prikolice je oko dva bunkera savremenih kombajna. Osnovni tehnički podaci dati su u tabeli 1.

Tab. 1. Tehnički podaci savremene samoistovarne prikolice

Tab. 1. Technical data of modern self unloading trailer

Br. - No	Tehnički podaci - Technical data	Parametri - Parameters
1.	Masa - Mass (kg)	4.600
2.	Korisna nosivost- Payload (kg)	16.000
3.	Zapremina sanduka - Volume of case (m ³)	20
4.	Broj osovina - Number of axles	1
5.	Transportna brzina - Transport speed (km/h)	25/40
6.	Potrebna snaga traktora - Required tractor power (kW/KS)	96/130
7.	Visina - Height (m)	3,8
8.	Transportna širina - Transport width (m)	3
9.	Dužina - Length (m)	7,85
10.	Visina pražnjenja - Unloading height (m)	4,1
11.	Prečnik pužnice - Diameter of auger (cm)	42,5
12.	Pražnjenje - Unloading (t/min)	10

Radom samoistovarne prikolice stižu se određene prednosti koje ukomponovane u ceo žetveni sistem daju najbolje efekte (Turan, Lazić, 2002; Turan, Lazić, 2003)

- Povećava se koeficijent iskorišćenja proizvodnog vremena, samim tim i učinak se povećava.
- Neprilagođeni transportni agregati ne ulaze u parcelu, čime se izbegava prekomerno sabijanje zemljišta, što je pogotovo u tehnologijama biljne proizvodnje na bazi "no-till" ili "minimum tillage" tehnologije izrazito nepovoljno.
- Za transport mogu da se koriste kamionski agregati.
- U slučaju korišćenja ovakvih prikolica, gubi se smisao korišćenja transportnih agregata manjih nosivosti.
- Ovakav agregat opslužuje 2 do 3 kombajna.

Utvrđeni odnosi parametara tehničko-tehnoloških struktura žetvenih sistema

Da bi žetveni sistem funkcionisao bez većih teškoća, neophodno je da kapaciteti pojedinih karika budu usklađeni. Sušara kao jedan od segmenata prijema u lancu berbe-prijema smatra se kao, nužno zlo koje, ako je to moguće treba izbeći iz razloga visoke potrošnje energije, neophodne za sušenje.

Za uspešnu berbu neophodno je da budu ispoštovani sledeći odnosi:

$$Q_b \leq Q_t \leq Q_p \quad (1)$$

gde je:

Q_b (t/h) - maseni učinak berbe,

Q_t (t/h) - maseni učinak transporta,

Q_p (t/h) - maseni učinak prijema.

Ukoliko dođe do narušavanja ove nejednačine, dolazi do organizacionih zastoja u pojedinim delovima celine. Za slučaj većeg kapaciteta berbe (Q_b) u odnosu na kapacitet transporta, dolazi do organizacionog zastoja na kombajnu, što ima posledice probijanja rokova berbe i ulaženja u lošije uslove žetve, što se posebno odnosi na žetvu pšenice (Turan, 2003).

Ukoliko je manji kapacitet prijema u odnosu na transport, dolazi do pojave vremena čekanja na istovar kod transportnih sredstava. Ako je ova razlika znatnija, može da uslovi čak i organiozacioni zastoj na berbi. Manji poremećaj kod ovog odnosa, delimično transportna sredstva kompenziraju u toku dana, pri čemu se transportna sredstva ponašaju kao neka vrsta tampon skladišta. U slučaju da učinci berbe i transporta znatnije prevazilaze učinak prijema ($Q_b, Q_t > Q_p$), pribegava se punjenju tampon čelije, odnosno privremenom lagerovanju zrna, te njegovo eventualno sušenje u toku noći.

ZAKLJUČCI

Složeni sistem sastavljen od više zavisnih podsistema treba sagledavati sveobuhvatno, a posebno uticaj pojedinih podsistema - jednog na drugi.

Na osnovu pregleda literature dolazi se do konstatacije da se broj kombajna i dinamika žetve planiraju tako da se zadovolje agrotehnički rokovi žetve, dok se broj transportnih sredstava određuje iskustveno po potrebi uz dosta lutanja i promašaja u vezi izgubljenim vremenom pri čekanju na utovar ili pak na istovar.

Predloženi softverski paket daje rešenje problema čekanja na utovar ali istovremeno i daje pregled funkcionisanja zatvorenog sistema masovnog opsluživanja u ovom slučaju.

LITERATURA

- [1] Babić, M, Babić, Ljiljana, Brkić, M: Kapacitet prijema zrna na centru za sušenje i skladištenje sa aspekta primene žitnih kombajna velikog učinka, Savremena poljoprivredna tehnika, 28(2002)3-4, s. 69-78
- [2] Turan, J, Lazić, V: Maseni učinak kombajna u žetvi pšenice i kukuruza, Savremena poljoprivredna tehnika, 28(2002)3-4, s. 61-68
- [3] Turan, J, Lazić, V: Racionalizacija rada žitnih kombajna, Savremena poljoprivredna tehnika, 29(2003)1-2, s. 35-40
- [4] Turan, J: Optimizacija tehničko-tehnološke strukture žetvenog sistema, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, 2003. doktorska disertacija, s.141

Primljeno: 05.01.2005.

Prihvaćeno: 09.01.2005.