

# KARTULIVÖTTURI OPTIMEERIMISEST

V. Meriloo, K. Laas

Põllumajandusmasinate optimaalne töörežiim peab kindlustama parimate majanduslike näitsuuruste korral (mootorikütuse ja tööaja kokkuhoid) tööde kõrge kvaliteedi. Optimaalse töörežiimi saab määrata katsete läbiviimisel ja saadud andmete töötlemisel küllaldast usaldusväärsust tagava meetodikaga. Käesolevas artiklis vaadeldakse katseeriati, mis viidi läbi rootorkartulivõtturi tõhusama töörežiimi väljatöötamiseks rootori laba õige laiuse valiku alusel. Tulemusena peaksime saama masina väikseima võimaliku võimsustarbe ja sellega koos ka mootori väikseima kütusekulu. Katseagregaat koosnes väiketraktoriga (mootorivõimsus 18 kW) ja ripptüüpi rootorkartulivõtturist, millel uuriti rootoreid kolme erineva piilaba laiusega (ühest, kahest ja neljast piist koosnev laba laiusega vastavalt 25, 70 ja 130 mm). Kartulivõtturi saha töösügavuse keskvaartus hoiti 17 cm. Keskmine niiskus 25 cm sügavuses mullakihis oli 17,2%.

Katselõikude läbimisel hinnati masina võimsustarvet, töökiirust, mugulate vigastatust ja mugulate mulla alla mattumust. Üheks tulemiks on joonisel toodud graafik, mis on saadud katseandmete statistilisel töötlemisel. Graafikul on toodud kartulivõtturi poolt tarbitav võimsus  $N_m$  funktsioonina agregaadil töökiirusest  $v$  ja kartulivõtturi rootori laba laiusest  $B$ . Jooniselt selgub, et rootori laba laiuse  $B$  suhtes on graafikul kujutatud pind nõgus, mis tähendab, et laba laiuse  $B$  on nn. optimaalne väärtus. See tagab kartulivõtturiga töötamisel minimaalse võimsustarbe ning sellele vastavalt ka minimaalse kütusekulu ja töö omahinna. Graafikul toodud pinda kujutab analüütiliselt järgmine seos:

$$N_m = 0,4620 - 0,158884B + 1,864716v + 0,00927B^2 + 0,774721v^2 - 0,07538Bv, \quad (1)$$

kus  $N_m$  – kartulivõtturi tööks tarbitav võimsus kW;  
 $B$  – kartulivõtturi rootori laba laius cm;  
 $v$  – kartulivõttuagregaadil töökiirus m/s.

Valem on saadud üheksa üksikkatse andmete alusel ja seda iseloomustavad järgmised statistilised näitsuurused:

- determinatsioonikordaja – 0,9619,
- prognoosiviga – 0,3333,
- keskmine absoluutviga – 0,17286.

Rootori laba optimaalse laiuse leidmiseks tarbitava võimsuse  $N_m$  seisukohast diferentseerime seost (1) suuruse  $B$  järgi ja võrrutame saadud tulemuse nulliga. Tulemuseks saame järgmise avaldise:

$$B_{opt} = 8,5638 + 4,063v. \quad (2)$$

Võttes arvesse katsetel kasutatud kolme kiirust (tulenevalt erinevatest käikudest)

$$\begin{aligned} v_1 &= 0,5 \text{ m/s,} \\ v_2 &= 0,7 \text{ m/s,} \\ v_3 &= 1,7 \text{ m/s,} \end{aligned}$$

saame võrdusest (2) rootori laba järgmised optimaalsed laiused vastavalt

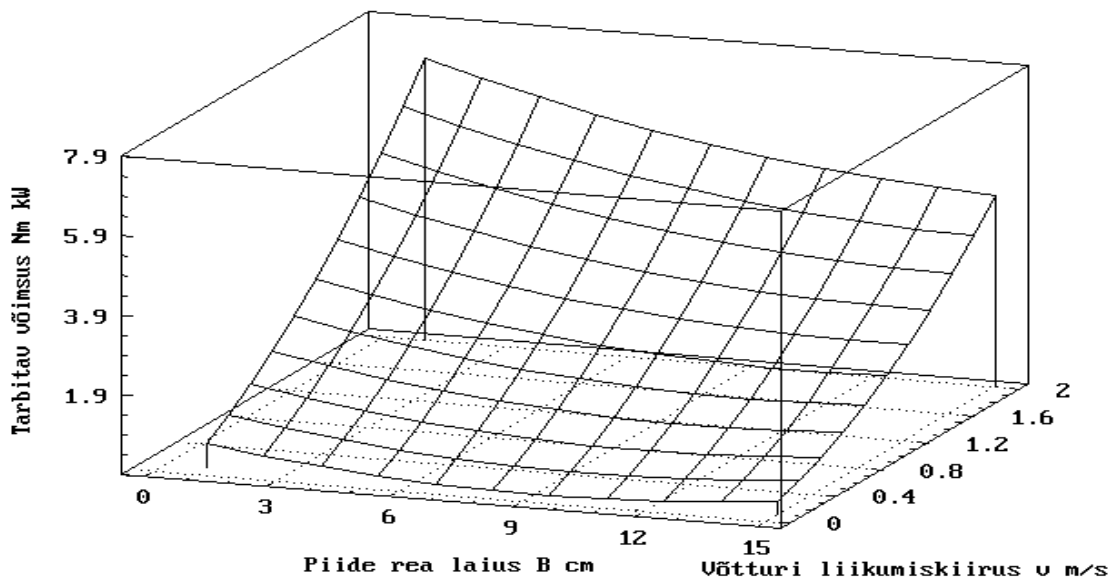
$$\begin{aligned} B_1 &= 10,6 \text{ cm,} \\ B_2 &= 11,4 \text{ cm,} \\ B_3 &= 15,5 \text{ cm.} \end{aligned}$$

Praktiliselt on rootorkartulivõtturi parimaks töökiiruseks osutunud  $v_1 = 0,5$  m/s (agregaadil hea juhitavus, mugulate suhteliselt väike vigastuste ja mattumuse hulk), millele vastav rootori laba optimaalne laius toodud graafiku järgi on ligikaudu 10 cm. Meie katsete kohaselt vastaks sellele kolme piiga laba.

Katsetulemuste korrektsuse määrab nende täpsus. Uuritava kartulivõttu protsessi statistilist osa iseloomustab prognoosiviga. Et muutujatel on mõõteviga, siis mõjutab ka see tulemuse täpsust. Seda arvestame vigade teooria kohaselt (Doebelin, 1990):

$$\Delta N_m = \left| \Delta v \frac{dN_m}{dv} \right| + \left| \Delta B \frac{dN_m}{dB} \right|, \quad (3)$$

kus  $\Delta N_m$  – funktsiooni  $N_m$  absoluutviga;  
 $\Delta v$ ,  $\Delta B$  – vastavalt kartulivõtturi töökiiruse ja rootori laba laiuse absoluutvead;  
 $dN_m/dv$ ,  $dN_m/dB$  – funktsiooni  $N_m$  tuletis vastava muutuja järgi.



**Joonis.** Rootorkartulivõtturi võimsustarve  $N_m$  sõltuvus rootori laba laiusest  $B$  ja kartulikoristusagregaadi liikumiskiirusest  $v$

**Figure.** Relationship between driving power  $N_m$  of potato digger, blade width of rotor  $B$  and velocity of potato harvesting unit  $v$

Rootori laba laiuse absoluutseks mõõtmisveaks valime  $\Delta B = \pm 1$  cm (liiaga). Kartulivõtturi töökiirus  $v$  on leitud katselis-arvutuslikult teepikkuse  $s$  ja selle läbimisaja  $t$  suhtena. Seega sõltub töökiirus  $v$  kui kaudsel mõõtmisel saadud suurus nii teepikkuse  $s$  kui ka selle läbimiseks kulunud aja  $t$  mõõtmisveast. Katselõigu pikkuse  $s = 10$  m mõõtmisveaks võtame  $\Delta s = \pm 5$  cm. Aega mõõtsime mehaanilise stopperiga, kusjuures nimetatud teepikkuse läbimise aeg ei ületanud 30 s. Tegemist on üksikmõõtmistega ja 3. klassi mõõteriistaga. Nendest algandmetest lähtudes on aja  $t$  mõõteviga  $\Delta t = 0,6$  s (Prüller, Tammet, 1962). Analoogiliselt valemiga (3) saame kirjutada (koos asendamise ja diferentseerimisega):

$$\Delta v = \left| \Delta s \frac{dv}{ds} \right| + \left| \Delta t \frac{dv}{dt} \right| = \left| \frac{\Delta s}{t} \right| + \left| -\Delta t \frac{s}{t^2} \right| = \left| \frac{0,05}{30} \right| + \left| -0,6 \frac{10}{30^2} \right| = 0,0083 \text{ m/s} \approx 0,01 \text{ m/s.}$$

Tehes arvutused valemiga (3), kasutades väärtusi

$$\begin{aligned} B &= 10 \text{ cm,} \\ \Delta B &= 1 \text{ cm,} \\ v &= 0,5 \text{ m/s,} \\ \Delta v &= 0,01 \text{ m/s} \end{aligned}$$

leiame, et  $\Delta N_m = 0,02665$  kW.

Arvestades statistilise töötluse ebatäpsusi (Kiviste, 1998), tuleb saadud absoluutsele veale  $\Delta N_m$  lisada prognoosiviga, mille tulemusena saame graafikul kujutatud kartulivõtturi võimsustarve absoluutseks veaks  $0,02665 + 0,3333 = 0,36 \text{ kW} \approx \pm 0,4 \text{ kW}$ .

Seega võime ütelda, et kui võimsuse mõõtmisviga ei ületa  $\pm 0,4$  kW, saame katsetatud töökiiruse  $0,5 \pm 0,01$  m/s korral kartulivõtturi rootori laba optimaalse laiuse  $B_{opt}$  koos mõõteviga  $10 \pm 1$  cm.

Toodud graafikult nähtub, et võimsuse  $N_m$  mõõtmispiir ulatub kuni 8 kW. Seega suhteline viga on 5%, mida võib lugeda praktiliselt rahuldavaks tulemiks.

Eelnevat arvestades on võimalik hinnata statistiliselt mis tahes põllutöömehhanismi või selle koostu iseloomulike näitsuuruste lõikes nende katsevigasid arvestades.

## Kirjandus

- Doebelin, E. O. Measurement systems. Application and Display. – Mc Graw Hill, 1990. – 960 p.  
Kiviste, A. Matemaatilise statistika algteadmisi ja rakenduslikke näiteid *MS Exceli* keskkonnas / EPMÜ Metsandusteaduskond. – Tartu, 1998. – 86 lk.  
Prüller, O. Tammet, H. Mõõtmisvigade arvutamine / TRÜ. – Tartu, 1962. – 46 lk.

## About Optimization of a Potato Digger

V. Meriloo, K. Laas

### Summary

As a result of statistical analysis of experimental data the relationship between power  $N_m$ , needed for driving rotation potato digger and its velocity  $v$  and width of blade of rotor  $B$  is presented (formula 1 and Figure). To obtain optimum blade width  $B_{opt}$  we differentiate the formula 1 and the result is set to zero and presented as a formula 2. To compute a quantity of  $N_m$  as a function of these independent variables and taking into account absolute limits of the individual errors the absolute error of  $\Delta N_m$  is given by formula 3. Total error of  $N_m$  is founded as a sum of  $\Delta N_m$  (0.02665 kW) and standard error (0.333 kW) and it is not more than  $\pm 0.4$  kW.