

**EFIKASNOST SISTEMA ZA SORTIRANJE I KALIBRIRANJE
JABUČASTOG VOĆA**

**THE EFFICIENCY OF SYSTEM FOR SORTING AND CALIBRATING OF
APPLE-SHAPED FRUITS**

Veljić, M. * Marić, D. **

REZIME

Za iznošenje plodova na tržište potrebno je obezbediti ujednačene plodove po kvalitetu i dimenzijama. Za velike proizvođače voća i povrća ove operacije su neophodne zbog konkurentnosti na tržištu. Karakteristike obrade plodova su veliki broj manipulaciono-transportnih radova, transportnih operacija pri sortiranju i kalibriranju plodova, kao i veliki udeo radne snage pri izvršenju navedenih operacija. Cilj rada je da se definišu racionalniji i efikasniji sistemi za sortiranje i kalibriranje plodova. Analiza je obuhvatila transportne sisteme koji omogućavaju prenošenje i obrtanje plodova pri sortiranju kao i izdvajanje plodova pri kalibriranju. Naročita pažnja je posvećena mogućnosti korišćenja raznih sistema uređaja za izdvajanje plodova po dimenziji ili masi. Definisani su radni elementi za sortiranje i kalibriranje. Prikazanim matematičkim modelom određeni su koeficijenti koji definišu kvalitet kalibriranih plodova. Rezultati ukazuju na prednosti i nedostatke određenih sistema i mogućnost verifikovanja tačnosti izdvajanja plodova po određenim karakteristikama. *Ključne reči:* jabučasto voće, manipulacija, sortiranje, kalibriranje, tehnologija

SUMMARY

For distribution of products on the market, it is necessary to ensure the equality of products according to quality and dimensions. For big fruit and vegetable manufacturers these operations are necessary because of the competitiveness on the market. A great number of manipulating and transport work, transport operations in the process of sorting and calibrating products as well as a great share of working labor in realizing these operations is the basic characteristic of product production.

* dr Milan Veljić, Mašinski fakultet, 11 000 Beograd
** Dragan Marić, dipl. inž., Mašinski fakultet, 11 000 Beograd

The aim of this paper is to define more rational and efficient system for sorting and calibrating of products. The analysis has covered transport systems that enable transfer and rotation of products while sorting as well as deselecting products while calibrating. Great attention is being given to the possibility of using different systems for selecting products by their dimension or mass. Working elements for sorting and calibrating have been defined. With the presented mathematical model, coefficients that define quality of calibrated products have been given. The results show the advantages and disadvantages of some systems and possibility of verifying the accuracy of selecting products by different characteristics.

Key words: apple-shaped fruits, manipulation, sorting, calibrating, technology

UVOD

Obrada plodova nakon berbe je skup tehnoloških operacija koje omogućavaju odabir plodova za iznošenje na tržište, čuvanje ili korišćenje odmah, za industrijsku preradu. Voće i povrće nakon berbe se razlikuje po mnogim karakteristikama. To se prvenstveno odnosi na sorte, zrelost, oštećenja, dimenzije itd.

Brojnost uticajnih faktora koji definišu mogućnost ujednačavanja kvaliteta plodova, prema definisanim kriterijumima, ukazuje na složenost i značaj operacija naknadne obrade plodova. Termin obrada plodova se pre svega odnosi na izdvajanje i grupisanje plodova u što većem stepenu sličnih po kvalitetnim i dimenzionim karakteristikama.

Istraživanja vezana za racionalnije primene sistema obrade plodova nakon berbe se pre svega odnose na sisteme za odabir plodova po kvalitetu i odabir plodova prema veličini ili masi. Ne zanemarujući ostale operacije koje prethode ili se nadovezuju na operacije sortiranja i kalibriranja treba u što većoj meri primeniti mehanizovane načine, delom pri odabiranju plodova po kvalitetu, a u većoj meri pri odabiru plodova po dimenziji ili masi. Otežavajući faktor pri odabiranju plodova po geometrijskim ili težinskim zahtevima je raznolik oblik plodova: okrugli, izduženi ili pljosnati oblik.

U svakom slučaju kao prikaz složenosti, obimnosti i nivoa troškova navedenih operacija naknadne obrade plodova i pakovanja može se uzeti i podatak da na račun obrade 1.0 t jabuka utroši se 20-40 radnik-časova, što odgovara 50-60% troškova ubiranja i skoro trećinu celokupne proizvodnje [2].

U cilju racionalnije naknadne obrade plodova treba voditi računa o izboru radnih organa za sortiranje i kalibraciju kao i mogućnosti korišćenja takvih elemenata u formiranju složenijih sistema za obezbeđenje veće proizvodnosti.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

U cilju standardizacije kvaliteta voća doneti su propisi (pravilnici) u kojima su definisani uslovi koje voće mora da ispuni da bi moglo da se stavi u dalji promet, odnosno koristi za određene namene. Jugoslovenski pravilnik o kvalitetu voća objavljen u Službenom listu br.29/79, a i UN/ECE Standard FFV-01 [10], koji se odnosi na marketing i komercijalnu kontrolu kvaliteta za jabuke i kruške novijeg je datuma, definišu osnovne pretpostavke za

odabir plodova. Analiziranjem i upoređivanjem ova dva dokumenta došlo se do šematskog prikaza zahteva, slika 1, koje jabučasti plodovi treba da ispune kako bi bili svrstani u jednu od tri klase (Extra klasu, klasu I i klasu II). Za pomenute klase postoje dve procedure (toka) selekcije koje se odnose na sortiranje i kalibriranje plodova [5].

Za jabučasto voće referentna dimenzija je prečnik ploda, čije su granice za Extra klasu: kod jabuka 65/60 mm, kod krušaka 60/55 mm (za rane sorte 50 mm), kod dunja maksimalno 70 mm, kod breskvi minimalno 62 mm (postoji 7 klasa) i kod kajsija minimalni prečnik je 42 mm.

Za svaku klasu propisan je procenat plodova susednih klasa koji mogu da budu u određenoj klasi. Ovi veoma oštri zahtevi definišu da ukupni gubici, odnosno udeo susednih klasa treba da budu od 5-10%. GOST [2] standardi definišu da ukoliko Extra klasa sadrži više od 10% prve klase, a sledeće klase 15% nižih klasa, onda se kao merodavne uzimaju niže klase.

Sortiranje plodova

Pri sortiranju plodova vrši se odvajanje plodova prema: sorti, zrelosti, boji, obliku ploda, površini ulegnuća u cm^2 po plodu, površini od čađave krastavosti u cm^2 , površini u cm^2 ili dužini u cm od pega, procentualnoj zastupljenosti plodova bez peteljki, procentu plodova sa mehaničkim povredama, bolestima i dr., deformaciji pokorice u cm^2 itd.

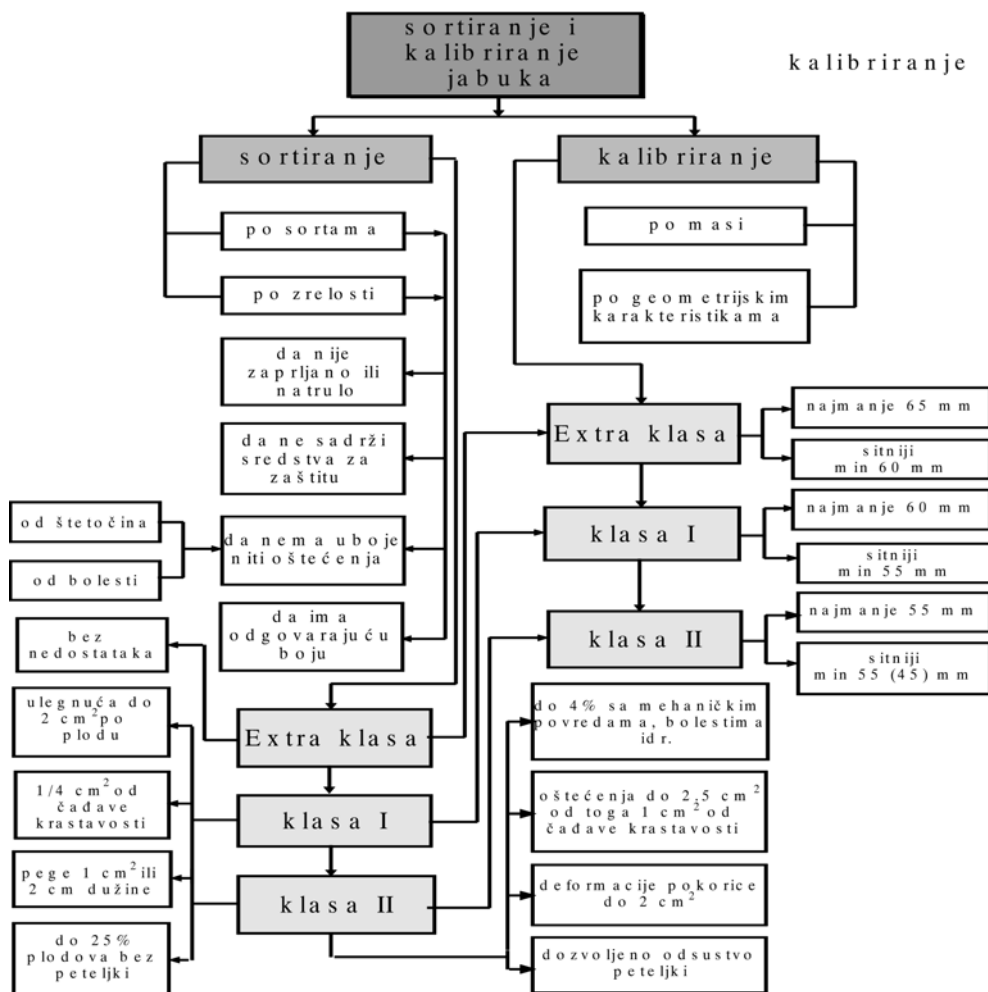
Za tako složen zadatak, osim radnika koji su uvežbani i iskusni u poslovima sortiranja, potrebno je omogućiti da radnik vidi što veći deo površine ploda, kako bi mogao brzo da reaguje i izdvoji plodove po kvalitetu. Svaka nemogućnost da se pogleda cela površina ploda usporava i umanjuje kvalitet izvođenja ove operacije.

Uređaji za sortiranje mogu se podeliti na sisteme koji pri transportu ne obezbeđuju obrtanje plodova i na uređaje za transport sa obrtanjem plodova. U prvu grupu spadaju trakasti transporteri, a u drugu grupu zavojni i valjkasti transporteri.

Kod trakastih transportera plodovi koji zauzimaju haotičan položaj na površini trake se pri transportu ne obrću, što umanjuje mogućnost da radnik uoči nedostatke na delu ploda koji mu nije vidan. Prednosti se odnose na jednostavnost konstrukcije i mogućnost formiranja većeg broja tokova.

Kod zavojnih transportera, slika 2a, plod (3) se pomera pod uticajem zavojnice (4) uzduž ose zavojnih valjaka (1). Obrtanje je oko ose uzdužne na pravac kretanja tako da radnik (2) može da uoči kvalitet ploda bez uzimanja u ruke. Proizvodnost rada pri korišćenju ovakvog sortir uređaja povećava se za 2-4 puta (u zavisnosti od kvaliteta plodova) u odnosu na ručno izdvajanje bez korišćenja transportera Š2Ć. Na srednjem delu simetričnog separacionog uređaja nalazi se trakasti transporter koji odnosi frakcije koje ne mogu da ispune zahtevane standarde, odnosno one koje radnik izdvaja.

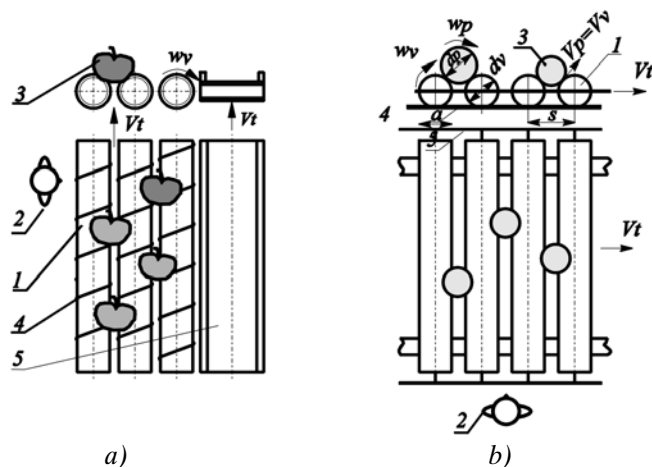
Pri kretanju i obrtanju valjaka (1), slika 2b, povezanih lancima (5) preko stacionarne podloge (4), dolazi do obrtanja valjaka, a samim tim i do obrtanja plodova koji se nalaze na površini transportera. Radnik (2) može, zbog obrtnog kretanja ploda, brzo da uoči odgovarajuće nedostatke i da izdvoji plodove u leveke sa strane, na određeni deo valjkastog transportera ili na trakasti transporter iznad valjkastog transportera. Brzina translatornog kretanja plodova je 10-12 m/min, a broj obrta ploda treba da je veći od 1 s^{-1} , odnosno kreće se oko $4-5 \text{ s}^{-1}$. I u ovom slučaju proizvodnost se povećava za 3-4 puta u odnosu na ručno izdvajanje.



Sl.1 Zahtevi pri klasiranju jabuka
Fig. 1 - Requirements in selecting apples

Kalibriranje plodova

Kalibriranje kao i sortiranje plodova obavlja se na određenom transportnom putu na kome se izdvajaju plodovi, prema geometrijskim parametrima (prečniku) ili prema masi. Osnovni zahtev pri kalibriranju je tačnost raspodele po klasama i minimalno oštećenje plodova.



Sl.2 Separacioni transporteri: a) zavojni, b) valjkasti
Fig. 2 - Separating conveyer a) spiral b) rolling

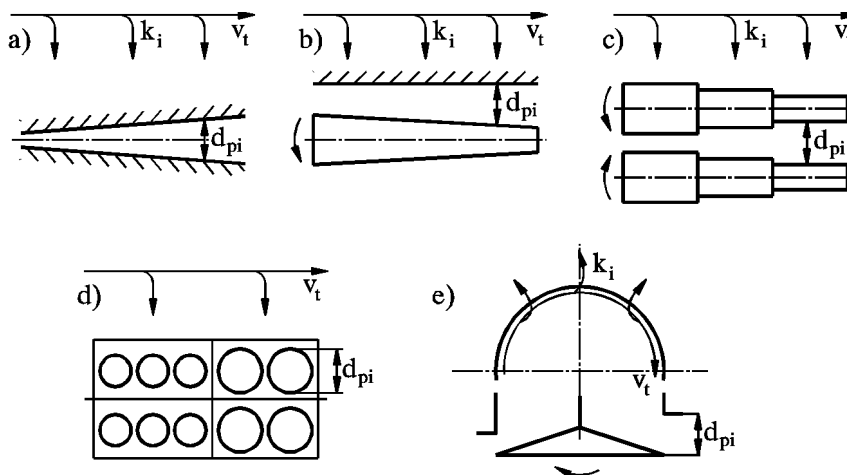
Uređaji za kalibriranje, u zavisnosti od tehnoloških šema, mogu se podeliti prema načinu kretanja ploda [6], što je i šematski prikazano na slici 3. Za plodove koji se izdvajaju prema geometrijskim karakteristikama, uočavamo dva načina kretanja i izdvajanja, i to pravolinijsko kretanje ploda i kretanje ploda po kružnoj putanji, s tim što izdvajanje ploda određene klase može biti kroz podužne otvore ili kroz otvore kružnog oblika. Najjednostavniji način izdvajanja plodova, pri pravolinijskom kretanju preko kose ravni, je između dve površine koje formiraju uzdužni otvor ili procep, slika 3a, kroz koji propada plod. Nešto komplikovaniji sistem formira uzdužni otvor, za odvajanje plodova, od nepokretne površine i valjka promenljivog prečnika, slika 3b.

Kod uređaja prikazanog na slici 3c, izdvajanje plodova je između dva obrtna valjka koji formiraju uzdužni otvor. Osim klasičnih glatkih valjaka koriste se i valjci sa polukružnim profilom žljeba promenljivog prečnika. Zavojni valjci omogućavaju kalibrisanje voća u željenim intervalima od 5-6 mm. Kod izvedenih rešenja spoljašnji prečnik zavojnice je 115 mm, a unutrašnji prečnik valjaka je od 65-85 mm. Proizvodnost svakog para valjaka pri broju obrtaja od 36 min^{-1} i dužini od 1500 mm je 375 kg/h [2]. Pri povećanju brzine obrtanja plodova pogoršava se kvalitet rada. Povećanje proizvodnosti postiže se povećanjem broja parova valjaka, s tim što ograničenje se odnosi na ukupnu širinu uređaja za kalibriranje.

Kod uređaja kod kojih se plodovi izdvajaju kroz kružne otvore (čelije), slika 3d, obično se koriste trakasti transporter sa gumenim trakama. Svaki od transportera ima otvore drugih dimenzija, a prečnik kružnog otvora zavisi od propisane klase. Kalibratori sa transportnom trakom i odgovarajućim čelijama jednostavni su po konstrukciji i pouzdani u eksploataciji. Nedostaci se odnose na mogućnost zaglavlivanja plodova u otvore - čelije. Ovaj problem se rešava primenom još jednog trakastog transportera u okviru ovog sistema za kalibriranje. Slično prethodnom rešenju je i rešenje sa blendom, pri čemu od pozicije

ploda, pri translatornom kretanju, zavisi otvor blende, a u zavisnosti od dimenzija propisanih za određenu klasu. Odlika ovog rešenja je složenost konstrukcije i visoka cena koštanja.

Za razliku od pravolinijskog kretanja ploda po transportnom putu, kretanje može biti i po kružnoj putanji. U ovom slučaju, usled centrifugalne sile, od obrtnog kretanja diska oko vertikalne ose, plod se pri kretanju oslanja o bočnu oplatu, odnosno prolazi kroz otvore koji su promenljivih dimenzija, a formiraju ih zid oplate i disk. Ovaj tip kalibracionog uređaja koristi se za proizvodnost od 1-3 t/h.



Sl. 3 Načini kretanja i izdvajanja plodova
Fig. 3 - System of moving and selecting products

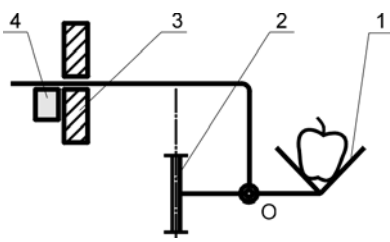
Kod druge grupe uređaja za kalibriranje, izdvajanje se vrši prema masi plodova. Ovaj način pogodan je za kalibriranje plodova izduženog sfernog oblika. Na slici 4 prikazana je šema uređaja za izdvajanje plodova po masi. Sud za plod (1) vezan je za sistem poluga i za lančasti prenosnik (2) sa kojim ostvaruje pravolinijsko kretanje. Drugi kraj sistema poluga klizi po nepokretnoj šini (4) koja je ugrađena tako da se postepeno menja rastojanje između ploda i šine, što izaziva i pomeranje tega (3). Kada moment oko tačke O od ploda i čaše (suda) (1) postane veći od momenta tega (3) dolazi do okretanja celog sistema poluga sa čašom oko tačke O i ispadanja ploda. Za plodove različitog voća može se izvršiti zamena tegova.

Kod kalibriranja po masi važno je obezbediti izdvajanje plodova na nekom transportnom putu, pri obrtanju nosača ploda, što je i prikazano na slici 5. Kada pri translatornom kretanju nosača ploda sa plodom (6) pritisak palca (5) na klizač savlada moment koji obezbeđuje teg (2) dolazi do obrtanja i sistema poluga sa tegom oko zgloba (3) i obrtanja nosača ploda (6) oko osovinice (4) odnosno ispadanja ploda. Za izdvajanje plodova po masi treba utvrditi vezu između srednje mase, m , plodova i maksimalnog prečnika D :

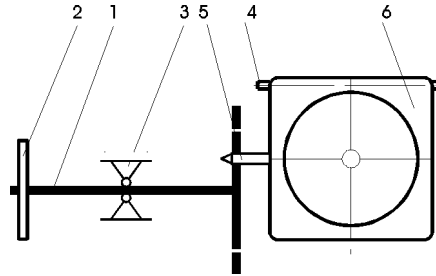
$$m = A \cdot D^n \quad (1)$$

gde su A i n koeficijenti koji zavise od sorte. Za različite sorte jabuka koeficijent A se

kreće u granicama od 0.00026-0.00182, a n od 2.66 do 3.35 [2].



Sl. 4 Kalibriranje plodova po masi
Fig 4. - Calibrating products by mass



Sl 5 Izdvajanje plodova po masi 1-poluga,
2-teg, 3-zglob, 4-osovinica vezana za lančasti
prenosnik, 5-palac, 6-nosač ploda sa plodom
Fig. 5 - Selecting products by mass, 1 -
lever, 2 - weight, 3 - joint, 4 - chain-wheel
shaft, 5 - acorn, 6 - fruit holder with fruit

U cilju određivanja tačnosti kalibriranja pretpostavlja se da je masa nekalibrisanih plodova raznovrsno po karakteristikama, i da se sastoji iz n klasa:

$$M = m_1 + m_2 + \dots + m_n \quad (2)$$

gde je:

m_n - količina plodova određene klase po zakonu raspodele,

M- ukupna masa plodova po zakonu raspodele.

Količina plodova u svakoj klasi pri zadatom zakonu raspodele jednaka je:

$$m_n = F(x_n) - F(x_{n-1}) \quad (3)$$

gde je x_n, x_{n-1} - granica klasa po faktoru raspodele.

Stvarna količina plodova koja se izdvoji u datoj klasi razlikuje se od m_n . Veličina gubitaka može se napisati:

$$\Delta m_n = m_n - m'_n \quad (4)$$

gde je:

Δm_n - veličina gubitaka za datu klasu,

m'_n - stvarna količina plodova izdvojena u datoj klasi sa datim karakteristikama.

Prema tome, količina plodova Δm_n dospeva u susedne klase. Sa druge strane iz susednih klasa u datu klasu dospeva neka količina plodova ΔM_n . Tada je ukupna količina plodova u datoj klasi:

$$M_n = m'_n + \Delta M_n \quad (5)$$

Na osnovu izraza (4) i (5) može se dobiti:

$$\eta_g = 1 - \frac{m'_n}{m_n} \quad (6)$$

$$\eta_k = \frac{m_n - \Delta m_n}{m'_n + \Delta M_n}$$

gde je:

η_g - stepen gubitaka plodova date klase,

η_k - koeficijent korisnog dejstva procesa kalibriranja ili tačnost kalibracije.

Zamenom izraza (3) i (4) u izraz (6) dobija se:

$$\eta_g = \frac{\Delta m_n}{F(x_n) - F(x_{n-1})}$$

$$\eta_k = \frac{1}{1 + \frac{\Delta M_n}{F(x_n) - F(x_{n-1}) - \Delta m_n}} \quad (7)$$

Ovim izrazima dobija se značenje osnovnih η_g, η_k pokazatelja η_g i η_k u zavisnosti od intervala klase $\lambda = f[F(x_n) - F(x_{n-1})]$ i veličina m_n i ΔM_n .

Analiza dobijenih zakonomernosti pokazuje da pri procesu raspodele količina plodova na klasama koje su veće od dva, pokazatelji η_g i η_k zavise od intervala klase, sl. 6. Sa povećanjem λ , η_k se neprekidno povećava, asimptotski se približava pravoj, gde je $\eta_k = 1$. U isto vreme η_g se smanjuje i približava se vrednosti $\eta_g = 0$. Iz ovog sleduje da pri nekoj vrednosti $\lambda_{\min}$ kalibriranje plodova postaje neizvodljivo zbog mešanja susednih klasa.

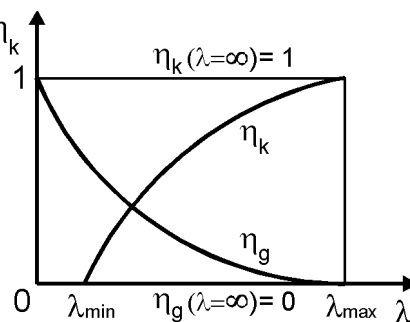
Optimalna vrednost λ pri mehanizovanoj kalibraciji je od 4-6 mm. Veća vrednost λ dovodi do pogoršanja mogućnosti iznošenja na tržište i čuvanja plodova, a pri smanjenju dolazi do pogoršavanja pokazatelja η_g i η_k . Optimalna vrednost λ je 5 mm.

Mogu se poboljšati pokazatelji η_g i η_k za 7-10% putem pomeranja tačke regulisanja kalibratora na račun smanjenja veličine Δm_n i ΔM_n .

ZAKLJUČAK

Na osnovu sprovedenih analiza i razmatranja može se zaključiti da je sortiranje i kalibriranje plodova složen proces, koji je neophodan za izlazak plodova na tržište. Obavljanje operacija izdvajanja plodova je na transportnom putu. Kod sortiranja neophodno je obezbediti, pored translatornog kretanja plodova i njegovo obrtno kretanje kako bi radnik mogao na racionalni način da izdvoji plodove koji nisu odgovarajućeg kvaliteta. Pri korišćenju transportnih sistema kod sortiranja povećava se proizvodnost za 2-4 puta u odnosu na ručno izdvajanje plodova bez primene adekvatnih sortirnih uređaja.

Pri kalibriranju plodova neophodno je obezbediti tačnost koja ne sme da pređe granicu od 10% u odnosu na klasu nižeg kvaliteta. Translatorskim kretanjem plodova uzduž promenljivih otvora dobija se ujednačenost izdvojenih dimenzija plodova uz



Sl. 6 Zavisnost koeficijenata η_g i η_k od intervala klase

Fig 6. - Dependence of coefficients η_g and η_k on class interval

jednostavnu konstrukciju uređaja. Kod kalibratora, trakastih transportera sa otvorima (čelijama) postoji mogućnost zaglavljivanja i oštećivanja plodova, dok kod transporta i kalibriranja plodova po kružnoj putanji ograničen je kapacitet uređaja. Kalibriranje po masi, mada komplikovaniji sistem, omogućava izdvajanje plodova čiji odnos D/h (prečnika i visine) nije blizak jedinici.

Za ocenu kvaliteta izdvajanja - kalibriranja plodova predloženi su koeficijenti koji definišu stepen gubitaka i tačnost kalibriranja. Dalja istraživanja treba usmeriti ka smanjenju broja radnika pri manipulacijskim operacijama i većoj primeni automatizacije.

LITERATURA

- /1/ Brčić, J. i saradnici: Mehanizacija rada u voćarstvu i vinogradarstvu, Poljoprivredni fakultet u Zagrebu, Zagreb, 1965.
- /2/ Varlamov, G.P., Četvertakov, A.V.: Mehanizacija uborki i tovarnoj obrabotki fruktov, Kolos, Moskva, 1984.
- /3/ Veljić, M, Tošić, S., Kontić, A.: Mechanization of transport and manipulation in apple-shaped crops sorting and calibration, Zbornik radova naučno-stručnog skupa XIV International Conference on material handling and warehousing, Mašinski fakultet u Beogradu, Beograd, 1996., 4.115-4.120.
- /4/ Veljić, M, Kontić, A.: Optimizacija postupaka sortiranja i kalibriranja jabučastog voća, Zbornik radova naučno-stručnog skupa Aktuelni problemi mehanizacije poljoprivrede, Poljoprivredni fakultet u Beogradu, Beograd, 1996., 129-136.
- /5/ Veljić, M, Marić, D., Stojanović, N.: Optimizacija parametara uređaja za sortiranje jabučastog voća, Poljoprivredna tehnika, Poljoprivredni fakultet u Beogradu, Beograd, 1998., br.1, 45-54.
- /6/ Veljić, M, Arandelović, I., Stepanović, P.: Utvrđivanje osnovnih parametara kalibratora, Poljoprivredna tehnika, Poljoprivredni fakultet u Beogradu, Beograd, 1998., br.1, 55-61.
- /7/ Veljić, M., Marić, D.: Technological operations in selection of apple-shaped fruits for marketing and storage, Zbornik radova naučno-stručnog skupa XV International Conference on material handling and warehousing, Mašinski fakultet u Beogradu, Beograd, 1998., 2.70-2.74.
- /8/ Veljić, M.: Influence of parameters of devices for sorting and calibrations on fruit loss level, Transactions, Mašinski fakultet u Beogradu, Beograd, 1998., br.1.
- /9/ Simonović, V.: Uvod u teoriju verovatnoće i matematičku statistiku, Naučna knjiga, Beograd, 1989.
- /10/ UN/ECE Standard FF-01.
- /11/ Četvertakov, A.V., Bruter, I.M., Brand, Mašini dlja tovarnoj obrabotki plodov "Mašinostrojenje", Moskva, 1977.

Primljeno: 05.01.2000

Prihvaćeno: 12.01.2000.