

SÖNNIKUKORISTUSSEADMETE SÜSTEEMI TEHNOLOOGIAARVUTUS

V. Veinla, M. Asi, P. Kaar

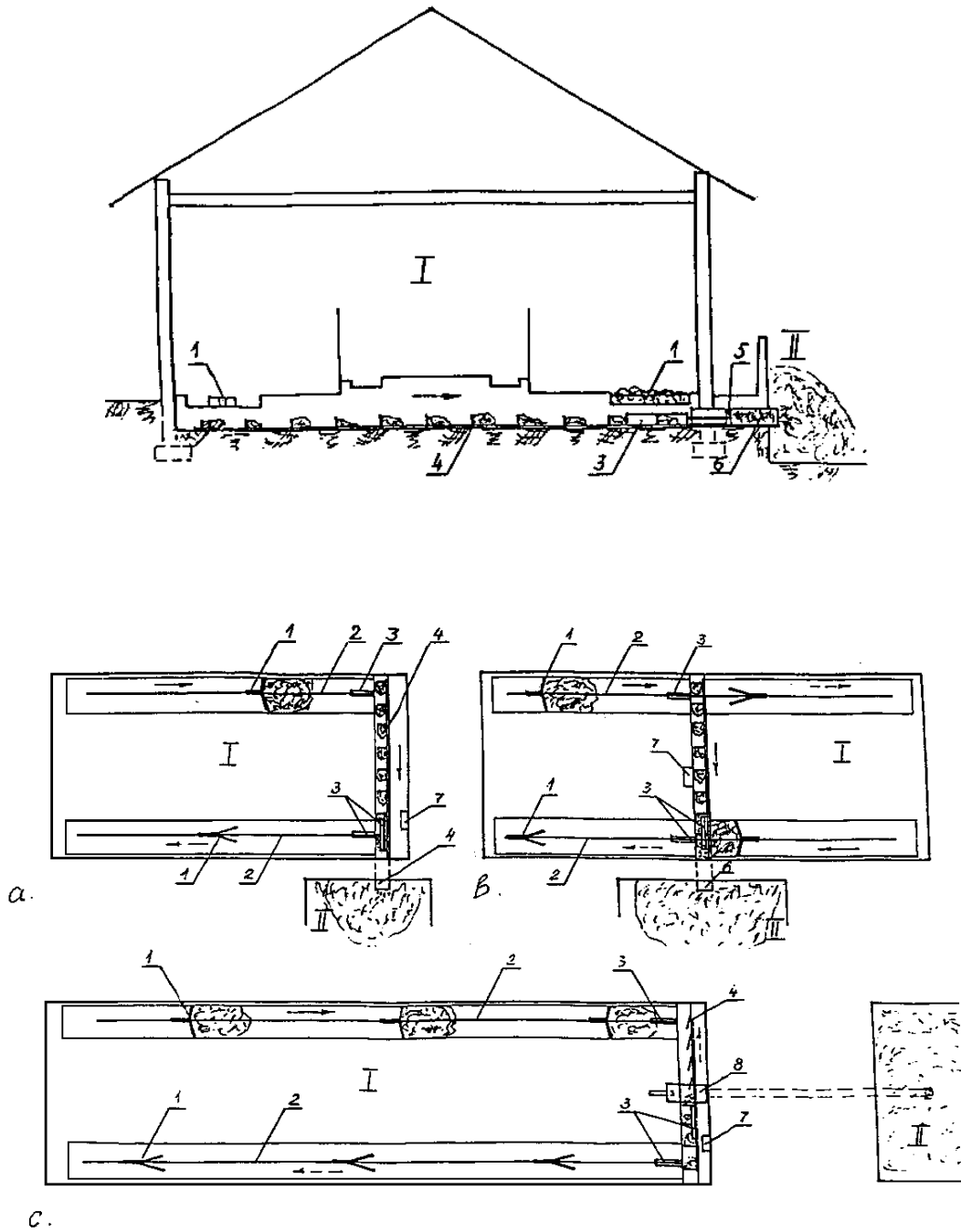
SUMMARY: Technological design of the manure disposal system. The stationary manure disposal system designed in the Institute of Agricultural Engineering EAU is today introduced in the cattle farms with different size and layout. The system consists of a "walking" reversible bar-scrapers units for cleaning the litter alleys, a reversible bar-scrapers cross conveyer and a manure press unit (Fig. 1). If the manure storage is far from the cowshed, a piston pump is recommended to transfer the manure. The cross conveyer and the press unit are usually located in the centre or near the end of the cowshed (Fig. 1).

The aim of the present study is to describe how the suitable equipment duties could be calculated. To determine the "walking" scraper conveying capacity the manure disposition across and alongside of the cowsheds litter alleys was measured (Fig. 2, 3, 4). The scraper unit's working time required for the litter alley cleaning is found by formulae (13, 14). The direction of the scraper body and scraping blades is changed at both ends of the litter alley. For that purpose the operating mechanism (Fig. 7) was designed. The mechanism's operating principle is described and the ratios between geometrical parameters of its parts are analysed.

The reversible scraper unit, the cross-conveyer and the press-unit (piston pump) have quite different duties and capacities. Usually the walking scraper's blades drag a pile of manure with the mass 300...400 kg into the cross-conveyer's channel during a short time for a relatively long interim. The cross conveyer portions that bulk out by 15...20 kg to feed the manure press unit or piston pump. To minimise the equipment's idle work the flow agreement is required. By formulae (20, 21) the volumes for an intermediate control container are calculated. Simultaneous work of the scraper unit, the cross-conveyer and the press-unit is obviously unsuitable. By (20) the suitable time for the cross-conveyer and the press-unit simultaneous work is determined, considering the intermediate container emptied before the supply by scraper unit manure portion. The equipment time schedule could be designed by formulae (13, 20, 23).

Tehnoloogiaarvutuse eesmärgiks on üldjuhul seadmete tööaja, energiakulu ja mõnel juhul ka vajaliku arvu määramine. Uute seadmete projekteerimisel on see arvutus aluseks vajaliku jõudluse, tööre^o iimi, tööorganite arvu ja mõõtmete ning ka liikumistakistuse ja tarbimisvõimsuse määramisel.

Piima tootmise tehnoloogia alase kirjanduse analüüsist selgub, et arenenud veisekasvatusega maades peetakse perspektiivseks lehmade latrispidamist ja lüpsmist lüpsikojas või -kohas. Selle pidamisviisi korral on otstarbekas ehitada laiad sõnnikurennid, kuhu koguneb sõnnik ja mida mööda veised käivad lüpsil. Eesti oludes on otstarbekas veiseid pidada allapanul. Sellistes tingimustes on vaja seadmesüsteemi, mis võimaldaks allapanuga kinnitallatud sõnnikut laiadest rennidest koguda ja hoidlasse laadida. Sõnniku käärimise, hoidla ja laadimistöde maksumuse seisukohast oleks otstarbekas sõnnik ladustada kõrges kihis. EPMÜ farmitehnika õppetoolis töötati välja seadmesüsteem, mis koosneb pikirennides paiknevatest sammkreeperitest, ristlattkraapkonveierist ja viimase lõpus paiknevast pressurist. Kui hoidla on laudast eemal, siis peaks pressuri asendama kolbpumpseadmega. Seadmestiku paigaldusskeemid on esitatud joon. 1.



Joonis 1. Sõnnikukoristuseseadmed:

I – laut; II – sõnnikuhoidla; 1 – sammskreepeseadme tööorgan; 2 – sammskreepeseadme latt; 3 – hüdrosilinder; 4 – lattkraapkonveier; 5 – sõnnikupressur; 6 – sõnnikupressuri toru; 7 – hüdroajam; 8 – kolbpump

Figure 1. Manure disposal equipment:

I – cowshed; II – manure storage; 1 – “walking” scraper unit; 2 – scraper bar; 3 – hydraulic cylinder; 4 – reversible bar-craeper conveyer; 5 – press-unit; 6 – press-channel; 7 – hydraulic drive; 8 – piston pump

Allpool esitatakse sellise seadmesüsteemi tehnoloogiaarvutuse meetodika ja vajalikud lähteandmed.

Sõnniku ööpäevane kogus m_{op} arvutatakse valemiga

$$m_{op} = \sum_{i=1}^n z_i \cdot m_{1i}, \quad (1)$$

kus n – erinevate loomarühmade arv laudas;

z_i – loomade arv rühmas;

m_{1i} – sõnnikunorm (kogus looma kohta ööpäevas (tabel 1) (Veinla, 1994).

Lauda aastane sõnnikukogus m_a leitakse

$$m_a = \sum_{i=1}^n m_{opi} \cdot t_i \cdot K_i, \quad (2)$$

kus t_i – loomade laudas oleku aeg ööpäevades;

K_i – tegur, mis arvestab pidamissüsteemi; kui loomi lastakse jalutama, siis $K=0,85$; karjatusperioodil (lüps toimub laudas) $K=0,5$.

Ehitusnormide järgi peab allapanuga sõnniku hoidla mahutama vähemalt kaheksa kuu sõnniku (Talude..., 1993). Seadme tööaja ja konstruktiivsete parameetrite määramiseks on vaja arvutada seadme töötsooni (ühte renni) koguneva sõnniku mass valemi 1 abil, kus n on seadme töötsoonis paiknevate loomarühmade arv. Projektarvutuste korral peaks lähtuma maksimaalselt saadavast sõnniku massist.

Skreeperseadme jõudlus q_{sk} arvutatakse valemiga

$$q_{sk} = \frac{z m_1'}{t_{ts}}, \quad (3)$$

kus z – tööorganite arv, mis tsükli vältel laadivad sõnniku välja;

m_1' – ühe lohindi mass;

t_{ts} – koristustsükli aeg, s.t. aeg, mis kulub tööorgani liikumiseks algasendist lõppasendisse ja tagasi.

Joonisel 1 toodud skeemide a ja c korral $z=1$, skeemil b $z=2$.

Lohindi massi analüütiline määramine on võimalik, kuid katsed tõendavad, et lohindi kuju ja mõõtmed sõltuvad väga suurel määral sõnniku omadustest, eelkõige selle niiskusest. Nii näiteks vähese allapanu korral, kui renni oli sattunud vett lekkivatest jooturitest, oli lohind kuni 10 m pikk ja selle maksimaalne kõrgus ulatus tööorgani kõrguseni. Suure turbasisaldusega kuiva sõnniku puhul oli lohindi pikkus ja kõrgus ca 0,5 m (tööorgani kõrgus 0,18 m).

Tehnoloogiaarvutustel on vaja teada, kui palju sõnnikut suudab tööorgan (kraapide paar) lohistada, ilma et sõnnik liiguks üle labade sõnnikukäiku. Sellisel juhul on seadme tööre^o iim rikitud ja kulutatakse asjatult energiat ning masinat. Kui sõnnikukäigus on üks tööorgan, ei peaks käigus olev sõnnikuhulk ületama lohindi suurimat võimalikku massi m_1' . Selle massi määravad sõnniku omadused, sõnnikurenni ja labade kuju, mõõtmed ning sõnnikurenni ääres paiknevate loomaridade arv. Eeldame, et m_1' ei sõltu sellest, kas seadme tööre^o iim on pidev või tsükliline (sammskreepiril). Arvutustel võib skreeperi tööorganit käsitleda kui mahutit, millesse saab koguda sõnniku massiga m_1' . Mahuti täidetakse sisendvooga ja täitumisel hakkab materjal liikuma üle labade sõnnikukäiku (väljundvoog). Arvutusteks on vaja teada m_1' ja mõlemate voogude keskmist ning vea hinnangut. Tööorgani transportimisvõime (m_1') hindamiseks tehti katseid kombilatratega veiselautades, kus olid lühikesed asemed. Määrati sõnniku jaotumise iseloomu risti ja piki sõnnikukäiku loomakohtade kaupa (laius 1,1 m). Sõnnikukäigu laius oli 2,1 m, sügavus 0,2 m. Katseteks piirulukorras, suure sõnnikukogusega, oli sõnniku kogunemise aeg mõnel juhul pikk, kuni 2,5 ööpäeva.

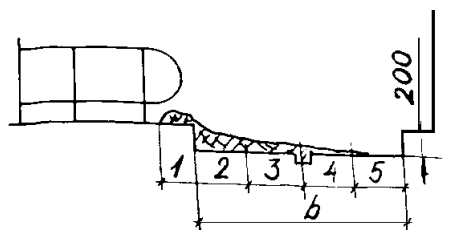
Sõnniku jaotumine käigu ristlõike ulatuses määrati joonise 2 kohaselt.

Tabel 1. Allapanu ja sõnniku kogused veiste pidamisel, kg
Table 1. Cattle bedding and manure amounts, kg

Veiserühm <i>Animal group</i>	Lõaspidamine <i>Tied</i>		Latrispidamine <i>Cubicles</i>		Sõnnikukihil pidamine <i>Deep litter</i>		Vedelsõnniku süsteem <i>Slurry channels</i>			
							Valgkanalid <i>Stationary operating</i>		Paiskanalid <i>Recurrent operating</i>	
	Päevas <i>Per day</i>	Laudaperioodil <i>Per indoor period</i>	Päevas <i>Per day</i>	Laudaperioodil <i>Per indoor period</i>	Päevas <i>Per day</i>	Laudaperioodil <i>Per indoor period</i>	Päevas <i>Per day</i>	Laudaperioodil <i>Per indoor period</i>	Päevas <i>Per day</i>	Laudaperioodil <i>Per indoor period</i>
Allapanu (põhk) / Bedding (straw)										
Lehmad / <i>Cows</i>	2...3	460...490	1...1,5	230...345	6...10	1380...2300				
Lehmikud / <i>Heifers</i> 5...15 kuud/ <i>months</i>	1	230	0,5	115	3...5	690...1150				
16...26 kuud/ <i>months</i>	1,5...2	345...460	1	230	5...9	1150...2070				
Nuumpullid <i>Fattening cattle (bulls)</i> 350...500 kg	2	460			3...5	690...1150				
Vasikad / <i>Calves</i> kuni 4 kuud <i>up to months</i>	1	230			1	230				
Sõnnik / Manure										
Lehmad / <i>Cows</i>	50	11500	40	9200	75	17200	60	13800	80	18400
Lehmikud / <i>Heifers</i> 5...15 kuud/ <i>months</i>	23	5300	18	4100	35	8000	25	5700	33	7590
16...26 kuud/ <i>months</i>	35	8000	28	6400	50	11500	45	10400	60	13800
Nuumpullid <i>Fattening cattle (bulls)</i> 350...500 kg	35	8000			50	11500	45	10400	60	13800
Vasikad / <i>Calves</i> kuni 4 kuud <i>up to months</i>	5	1200			8	1800	6	1400	8	1840

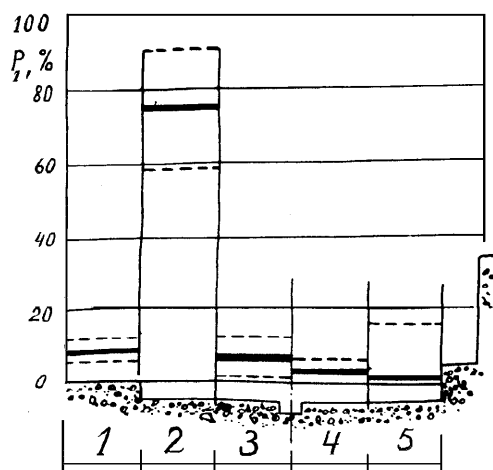
Laudaperioodi pikkus 230 päeva / *Indoor period 230 days*

Karjatusperioodil on allapanu ja sõnniku päevakogus 50 % tabelis toodust / *During the grazing period the bedding and manure daily are 50 per cent as presented in the table*



Joonis 2. Sõnniku jaotuse määramine sõnnikukäigu ristlõikes; $b=2,1$ m
Figure 2. Measuring the manure disposition across the litter alley; $b=2,1$ m

Jaotuse iseloom on esitatud joonisel 3 tulpdiaagrammina ning ei sõltu oluliselt sõnniku kogunemise ajast ega sõnniku hulgast käigus. Sõnnikukogused piki sõnnikukäiku määrati iga loomakoha sõnniku kaalumisega ja koostati vastavad statistilised read. Ridade mõned lõigud on esitatud graafiliselt joonisel 4.



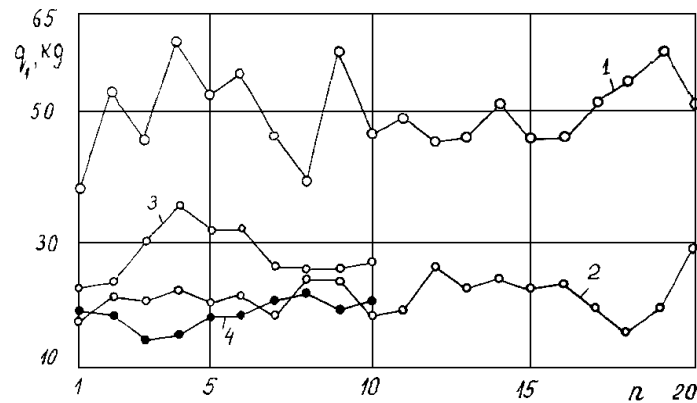
Joonis 3. Sõnniku protsentuaalne jaotus sõnnikukäigu ristlõikes:

—— keskmine, %; ---- ülem- ja alampiir, %

Figure 3. Percentage disposition of manure across the litter alley:

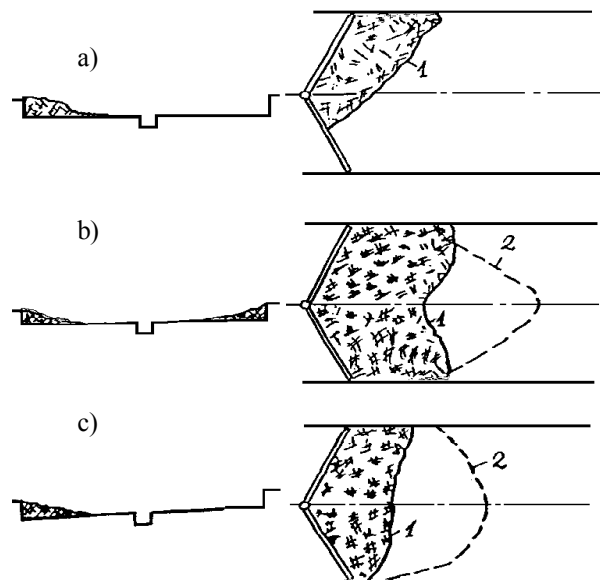
—— mean, %; ---- lower and upper limits, %

Tiibskreeperte katsetamisel kaaluti ka üle skreeperi labade varisenud sõnnik ja määrati selle jaotus piki sõnnikukäiku. Tööorgani liikumisel moodustuva lohindi kuju sõltub oluliselt sõnniku omadustest ja jaotumisest risti sõnnikukäiku (joon. 5). Kui eemaldatakse rohke allapanuga sõnnikut ühelt loomarealt, moodustub ebasümmeetriline lohind (joon. 5, a), mis ei nihku seadme tsentri suunas. Tulemuseks on sõnniku varisemine üle laba, tööorgani lohistusvõime m_1 on väike. Näiteks 82 % niiskuse ja 826 kg/m^3 mahumassiga turbasõnniku eemaldamisel algas sõnniku varisemine üle laba, kui lohindi mass oli 80 kg; lohindi maksimaalseks massiks oli 186 kg, sõnnikukäigus oli 308 kg sõnnikut, millest 122 kg jäi liikumisel maha.



Joonis 4. Sõnniku massi jaotumine piki loomaridu: 1 – mullikad Kolgaküla farmis (60 tunni sõnnik, \bar{x} =48,2 kg); 2 – tiined mullikad Kolgaküla farmis (24 tunni sõnnik, \bar{x} =21,5 kg); 3 – lehmad Kaiu farmis (16 tunni sõnnik, \bar{x} =28,3 kg); 4 – kahe rea lehmad Kaiu farmis (6 tunni sõnnik, \bar{x} =12,1 kg)

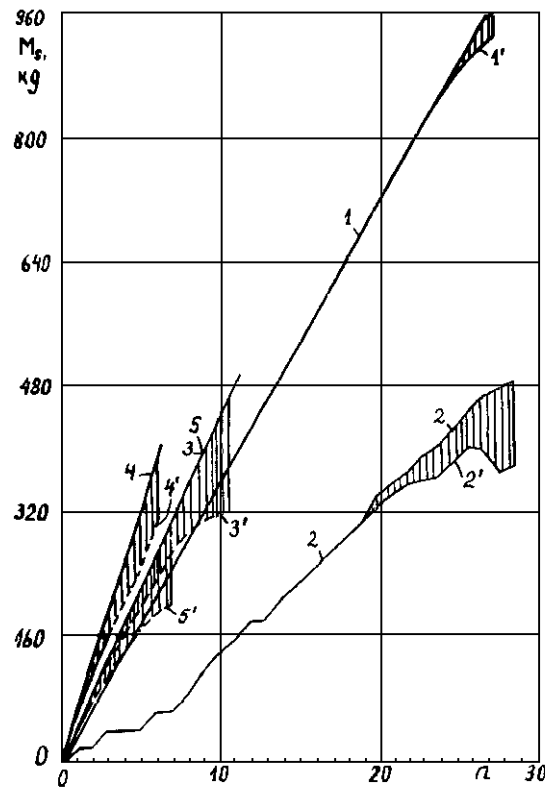
Figure 4. Manure disposition alongside the litter alley: 1 – heifers in Kolgaküla farm, $t=60$, \bar{x} =48.2 kg; 2 – carrying heifers in Kolgaküla farm, $t=24$ h, \bar{x} =21.5 kg; 3 – cows in Kaiu farm, one row, $t=16$ h, \bar{x} =28.3 kg; 4 – cows in Kaiu farm, double rows, $t=6$ h, \bar{x} =12.1 kg.



Joonis 5. Lohindi plaanid: a – üks loomarida, tahes sõnnik; b – kaks loomarida; c – üks loomarida, vähesese allapanuga sõnnik; 1 – taheda fraktsiooni kontuur; 2 – lohindi ees valguv virts

Figure 5. Manure pile outlines in front of scraper: a – one row, solid manure, b – double rows; c – one row, slurry; 1 – solids pile contour; 2 – dung-water contour

Sõnniku niiskuse suurenedes väheneb hõõrdetegur ja liikumistakistus ning materjali jaotus lohendis on ühtlasem (joon. 5, c). Kui eemaldatakse kahe lehmarea sõnnikut, on lohind sümmeetrilisele lähedane (joon.5, b) ja tööorgani lohistusvõime m_1 tunduvalt suurem (2,1 m laiuses sõnnikukäigus kuni 850 kg). Erinevaid olukordi iseloomustab joonis 6, mille sirged ja kõverad 1, 2, 3, 4, 5 kujutavad kumulatiivselt sõnniku hulka sõnnikukäigus ja 1', 2', 3', 4', 5' – transportitava sõnniku hulka. Nende kokkulangevatel osadel eemaldatakse käigust kogu sõnnik. Kõverate ordinaatide vahe (viirutatud pinnal) on üle laba varisenud sõnniku kogus. Katsete tulemustest selgub, et tiibskreeperi lohistusvõime sõltub paljudest faktoritest ja muutub suurtes piirides (katsetes 186...850 kg), mida tehnoloogilistel arvutustel tuleb arvesse võtta.



Joonis 6. Sõnnikukäigus paikneva (1, 2, 3, 4, 5) ja tiibskreeperi labadega lohistatava (1', 2', 3', 4', 5') sõnnikumassi kumulatiivsed jooned: 1, 1' – kaks loomarida, $m_1=850$ kg; 2, 2' – üks loomarida, $m_1=350$ kg, vähese allapanuga sõnnik; 3, 3'; 4, 4'; 5, 5' – rohke allapanuga sõnnik

Figure 6. Cumulative graphic of the manure bulk in litter alley (1, 2, 3, 4, 5) and bulk dragged by scraper blades (1', 2', 3', 4', 5'): 1, 1' – double rows, $m_1=850$ kg; 2, 2' – one row, $m_1=350$ kg, slurry; 3, 3'; 4, 4'; 5, 5' – solid manure

Vajalik sõnniku koristuskordade arv ööpäevas $z_{\text{öp}}$ arvutatakse valemist

$$z_{\text{öp}} = \frac{z_1 \cdot m_1}{z_{\text{sk}} \cdot m_1}, \quad (4)$$

kus z_1 – loomade arv seadme töötsoonis;
 m_1 – sõnnikunorm (kogus ühel loomal);
 z_{sk} – seadme skreeperte arv.

Töökorralduse seisukohast on sobiv sõnnikut kaks korda ööpäevas (hommikul ja õhtul) koristada. Sel juhul vajalik skreeperte arv on

$$z_{\text{sk}} = \frac{z_1 \cdot m_1}{2m_1}. \quad (5)$$

Umbes 2 m laiuse renni korral võib tehnoloogiaarvutustes võtta $m_1=300$ kg, kui loomad on ühel pool renni, ja $m_1=500$ kg, kui loomad on kahel pool.

Sammskreeperseadme tööorgan (skreeper) liigub tsükliliselt. Veoorgani (lati) liikumisel ühes suunas skreeper haakub latiga ja liigub viimasega koos edasi, teises suunas liikumisel skreeper vabaneb latist ja seisab paigal. Skeemidel *a* ja *c* (joon. 1) lati liikumisel paremale toimub töökäik, vasakule – skreeperid seisavad. Skeemil *b* lati paremale liikumisel vasakpoolne tööorgan teeb töökäiku, parempoolne, mille kraabid on kokku pööratud, tühikäiku. Lati vasakule liikumisel mõlemad tööorganid seisavad paigal. Tööorgani jõudmisel välja-

laadimiskohani (tühikäigu asendis renni lõppu) muudab juhtseade tõukuri asendit ja mõlema tööorgani liikumissuund muutub.

Skreeperi ühe liikumistsükli aeg t_{ts1} arvutatakse valemiga

$$t_{ts1} = t_1 + t_s, \quad (6)$$

kus t_1 – liikumise aeg;
 t_s – paigalseisu aeg.

Sammskreeperseadme latt käivitatakse hüdrocilindri abil. Rakendatakse hüdrocilindreid, mis on ühepoolse kolvivarrega. Sel juhul kolvivarre kiirus ühel käigul v_1 (soovitav töökäik) on

$$v_1 = \frac{4Q}{pD^2}, \quad (7)$$

kus Q – hüdropumba jõudlus;
 D – hüdrocilindri kolvi läbimõõt.

Teisel käigul kiirus v_2 leitakse valemist

$$v_2 = \frac{4Q}{p(D^2 - d^2)}, \quad (8)$$

kus d – kolvivarre läbimõõt.
 t_1 – arvutatakse valemist

$$t_1 = \frac{l}{v_1}, \quad (9)$$

kus l – kolvi käik.
 t_s – leitakse valemiga

$$t_s = \frac{l}{v_2}.$$

Kuna $v_2 > v_1$, siis $t_1 > t_s$.

Tuleb tähele panna, et skreeperi liikumisteede ühe liikumistsükli vältel l_1 on

$$l_1 = l - \Delta l,$$

kus Δl – lõtk skreeperi veomehhanismi tõukuri ja latile kinnitatud klotsi vahel.
 $\Delta l = 30 \dots 50$ mm.

l_1 on võrdne latile kinnitatud veoklotside vahekaugusega.

Vajalik liikumistsüklite arv z_{ts} avaldub valemiga

$$z_{ts} = \frac{L}{l_1}, \quad (10)$$

kus L – skreeperi teekond, mis avaldub valemiga

$$L = z_1 \cdot b + L_a + L_1, \quad (11)$$

kus b – aseme laius;
 L_a – tööorgani avanemise teekond, võetakse 1,5 m;
 L_1 – laadimisava kaugus äärmisest asemest.

Kui laudas on ristkäigud, siis nende laius tuleb lisada.

Seega töökäiguks kuluvat aega saab määrata valemiga

$$t_{tk} = z_{ts}(t_1 + t_s) = \frac{L}{l_1} \left(\frac{lpD^2}{4Q} + \frac{lp(D^2 - d^2)}{4Q} \right) \quad (12)$$

või pärast teisendamist

$$t_{tk} = \frac{Lp}{4QI_1} [1(2D^2 - d^2)] \quad (13)$$

ehk
$$t_{tk} = 0,785 \frac{L}{QI_1} [1(2D^2 - d^2)].$$

Tagasiliikumise aeg t_{tl} arvutatakse analoogiliselt. Tuleb arvesse võtta, et sel juhul skreeperi liikumisel liigub latt kiirusega v_2 ja paigalseisul kiirusega v_1 , kuid liikumistsükli aeg sellest ei muutu.

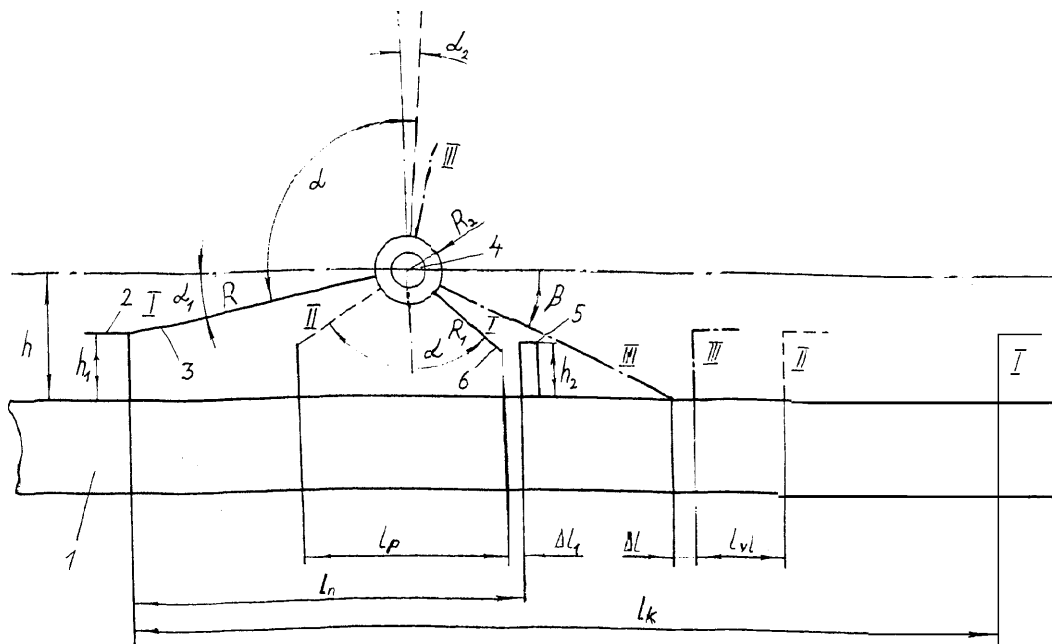
Skeemi a (joon. 1) korral koristustsükli aeg t_{ts} avaldub valemina

$$t_{ts} = t_{tk} + t_{tl} + t_{sm}, \quad (14)$$

kus t_{sm} on skreeperi liikumissuuna muutmiseks kuluv aeg.

Kuna $t_{tk} = t_{tl}$, siis $t_{ts} = 2t_{tk} + t_{sm}$.

Liikumissuuna muutmise mehhanismi skeem on esitatud joonisel 7.



Joonis 7. Liikumissuuna muutmise mehhanismi skeem: 1 – latt; 2 – veoklots; 3 – tõukuri varras; 4 – telg, 5 – juhtnukk, 6 – tõukuri link

Figure 7. Scheme of the mechanism changing the scraper movement direction: 1 – reversible bar; 2 – push cam; 3 – push-rod; 4 – joint pin; 5 – control cam; 6 – push-rod catch

Skreeperi kere külge on telje 4 abil kinnitatud tõukur. Paremale liikumisel lükkab latile 1 kinnitatud klots 2 tõukuri varda 3 ja telje 4 kaudu skreeperi keret ja sellele kinnitatud kraape. Tööorgani liikumissuuna muutmise tsoonis (skeemil a lati otstes, skeemil b otstes ja keskel, skeemil c otstes ja kahes kohas vahepeal) on latile kinnitatud juhtnukk 5. Kui latt hakkab liikuma vasakule, siis kontakt klotsi 2 ja varda 3 vahel katkeb. Pärast liikumist ΔL_1 võrra hakkab juhtnukk 5 tõukuri lindi 6 abil tõukurit pöörama. Kui varras 3 on jõudnud asendisse II, siis ta raskusjõu mõjul langeb alla asendisse III. Selleks hetkeks on järgmine klots jõudnud asendisse III ja pärast teekonna ΔL läbimist hakkab ta skreeperit vasakule tõukama.

Tõukejõu vertikaalkomponendi minimeerimiseks peaks nurk α_1 olema võimalikult väike, kuid klotsi kõrgus h_1 on piiratud tingimusega $h_1 < h - R_2$. Samuti peavad olema täidetud tingimused $R_1 < h$, $h_2 < h - R_2$, $R_1 \cos \alpha_1/2 > h - h_2$. Seejuures $\alpha = \alpha_1 + 90^\circ + \alpha_2$. Vaba langemise tagamiseks $\alpha_2 > 5^\circ$.

Aeg t_{sm} arvutatakse valemist

$$t_{sm} = t_p + t_{vl} + t_{\Delta 11} + t_{\Delta 1}, \quad (15)$$

kus t_p – tõukuri pööramise aeg;
 t_{vl} – tõukuri langemise aeg;
 $t_{\Delta 11}$ ja $t_{\Delta 1}$ – lõtkude läbimise aeg.

$$t_p = \frac{I_p}{V}, \quad (16)$$

kus $I_p = 2R_1 \sin^{\alpha}/2$.

Aja t_{vl} määramiseks on vaja eraldi analüütilisi uuringuid. Katseandmete alusel võib orienteerivalt võtta $t_{vl}=0,15 \dots 0,25$ s.

$$t_{D11} = \frac{Dl_1}{V} \quad \text{ja} \quad t_{D1} = \frac{Dl}{V}.$$

Lati liikumiskiirus v on õli voolamisel kolvi täispinna poole skeemil a (töökäik) v_1 ja õli voolamisel kolvivarre poole (tühikäik) v_2 . Seega on ka tööorgani liikumissuuna muutmiseks vajalikud ajad t_{sm1} ja t_{sm2} erinevad:

$$t_{sm} = t_{sm1} + t_{sm2}.$$

Skeemil 1, b skreeperi teekond arvutatakse valemist

$$L = z_i/2 \cdot b + L_a + L_1. \quad (17)$$

Seadme jõudluse arvutamisel valemiga (3) $z=2$.

Skeemi 1, c korral skreeperi teekond ühe töötsükli vältel L_1 avaldub valemiga

$$L_1 = 1/3 (z_1 \cdot b + L_1) + L_a. \quad (18)$$

Sõnniku eemaldamiseks rennist on vaja teha 3 töötsükli. Seadme jõudluse valemis (3) $z=1$. Ühe koristuskorra koguaeg $t_{ts}' = 3t_{ts}$.

Eeltoodust selgub, et võrdsetes tingimustes ($z_1 = \text{const}$) on jõudlus suurim ja tööaeg väiksem skeemi 1, b korral. See on soodus ka lati koormuse (mõlemal käigul võrdne koormus) ja energiakulu seisukohast.

Seadme tööaeg ööpäevas $t_{\text{öp}}$ üldjuhul leitakse valemiga

$$t_{\text{öp}} = z_{\text{öp}} \cdot t_{ts} \quad (19)$$

Ajavahemik kahe järjestikuse koristuskorra vahel t_v avaldub valemiga

$$t_v = \frac{z_{sk} m_1'}{z_1 q_s}, \quad (20)$$

kus q_s on sõnniku kogunemise intensiivsus; lehmalaudas tööde perioodil (kella 5...8 ja 18...21) $q_s=3,8$ kg/h, puhkeperioodil (kella 8...18) $q_s=2,5$ kg/h.

Sammskreeperseadme jõudlus q_{sk} erineb oluliselt ristkonveieri jõudlusest, $q_{rk}=3 \dots 5$ t/h; $q_{sk} < q_{rk}$. Nende töö iseloom on ka erinev. Sammskreepere toob sõnniku ristkonveierile suurte portsudena (300...400 kg) pika ajavahemiku t_{ts} (skeemid a ja c) või $t_{ts}/2$ (skeem b) järel. Ristkonveier jagab selle väikesteks portsudeks (15...20 kg iga kraabi ees) ja viib selle pressurisse või kolbpumba. Ristkonveieri ja pressuri või kolbpumba otstarbekaks kasutamiseks ja tööaja lühendamiseks oleks vaja tehnoloogialiini vahemahutit. Kui ristkonveieri renni põhi teha skreeperseadme renni põhjast madalamale, siis moodustub süvend. See peaks mahutama skreeperseadme ühe lohindi (portsu). Süvendi sügavuse h saab arvutada valemiga

$$h \geq \frac{m_1'}{g b_{rk} b_{sk}}, \quad (21)$$

kus γ – sõnniku mahumass;
 b_{rk} – ristkonveieri renni laius;
 b_{sk} – skreeperseadme renni laius.

Kui $q_{rk} > q_{kp}$, siis seadmete üheaegsel tööl kolbpumba varupunkri maht V_{kp} arvutatakse valemiga

$$V_{kp} \geq \frac{q_{rk} - q_{kp}}{g} t_{rk}, \quad (22)$$

kus q_{kp} – kolbpumba jõudlus;
 t_{rk} – ristkonveieri tööaeg tsükli vältel,

$$t_{rk} = \frac{m_1'}{q_{rk}}.$$

Ristkonveier ja sellega seotud pressur tuleks käivitada sellise arvestusega, et uute sõnnikuportsude tuleku momendiks oleksid varupunkrid tühjad. Selleks vajalik aeg t_v' leitakse valemiga

$$t_v' = \frac{z_v \cdot m_1'}{q_{rk}}, \quad (23)$$

kus z_v on varupunkrite arv.

Joonisel 1 toodud skeemide korral oleks otstarbekas üksikute skreeperseadmete töö algust nihutada aja $t = \frac{m_1'}{q_{rk}}$ võrra.

Eeltoodud analüüsist võib teha järgmised järeldused ja soovitused.

Seadmesüsteem, mis koosneb skreeperseadmest, ristkonveierist, pressurist või kolbpumbast, võimaldab sõnnikut koguda lauda laiadest rennidest ja hoidlasse kõrge kihi alla laadida.

Võimalikud on erinevad paigaldusskeemid hoidla paiknemisega lauda keskristtelje joonel küljel, lauda otsas küljel, või lauda otsas. Tehnoloogiliselt kui ka energeetiliselt on sobivaim hoidla paigutus lauda keskristtelje joonel.

Kuna skreeperseadme jõudlus on märksa väiksem kui ristkonveieril, siis on vaja moodustada ristkonveieril varupunkrid; konveieri renni põhi asub skreeperi rennist madalamal.

Seadmete üheaegne käivitamine ei ole otstarbekas. Töögraafiku koostamiseks vajalikud ajad saab arvutada valemite (13), (20) ja (23) abil.

Kirjandus

Talude projekteerimise ajutised tuleohutus- ja sanitaarnõuded. Eesti Ehitusteave, 1993. – 3 lk.
 Veinla V. Veisefarmide tehnoloogia projekteerimise juhend. – Jäneda ÖNK, 1994. – 124 lk.