

EMÜ TEHNIKAINSTITUUDI PÖLLUNDUS- JA VEOTEHNICA TÖÖRÜHM

Jüri Olt, Risto Ilves

Eesti Maaülikool, tehnikainstituut, biomajandustehnoloogiate õppetool,
Fr. R. Kreutzwaldi 56/1, 51006 Tartu

E-mail: jyri.olt@emu.ee

Sissejuhatus

Põllundus- ja veotehnika töörühm moodustati 2009. aastal mootorite katselabori ja põllundustehnika labori baasil. See tulenes loogikast, et põllundusagregaat koosneb teatavasti kahest masinast, veo- või jõumasinast või energiamoodulist ning töömasinast. Nagu näiteks künniagregaat (traktor Fendt Vario + ader Pöttinger Servo Plus Nova), külviagregaat (John Deere 5R + 740 A), põimniiduk (Xerion + Cougar 1400C), või on kujundatud liikurmasinana, kus jõu- ja töömasin on kokku ehitatud, nagu näiteks teraviljakombain (Claas Lexion jt), liikurprits (Agrifac Condor Endurance II, jt), liikurniiduk (Krone Big M 420), liikurhekseldi (John Deere 8600i) ja suhkrupeedi-kombain (Holmer Terra) jne. Nüüdisaja masinaehitust ja tootmist iseloomustab see, et masinad, sh põllutöömasinad ja seadmed muutuvad üha keerukamaks, nende erinevate variantide ja tootegruppide arv suureneb, tootearenduse aeg ning toote kasutamise tsükkel lüheneb. Nende protsessidega tuleb arvestada inseneride ettevalmistamisel. Oluline on veel rõhutada, et nüüdisajal kujutavad põllundusmasinad endast peaaegu täielikult mehhatroonilisi tehnilisi lahendusi. Nüüdisajal on muutunud aktuaalseks põllundusagregaadi juhtimisega ja vajaduspõhise toimimisega seotud arengud. Tänapäeva põllumajandusettevõtte ei ole kahjuks tähtis mitte sugugi ainult kõrge saagi saamine, vaid eelkõige kõrgema kasumi saamine. Sellest tulenevalt on ülioluline põllumajandussaaduste tootmise erikulu vähendamine. See eeldab ühelt poolt sisendite (materjalide-, kütuse- ja tööjõukulu) optimeerimist ning teiselt poolt agregaadi tootlikkuse suurendamist, kusjuures tootlikkus W oleneb peamiselt põllundusagregaadi töölaaiusest B , töökiirusest v_m ja tööaja kasutamise efektiivsusest τ ehk $W = B \cdot v_m \cdot \tau$.

Põllundus- ja veotehnika töörühma koosseis

Põllundustehnikaga tegeleva grupi moodustavad professor Jüri Olt, teadur Kaarel Soots, doktorandid Margus Arak, Riho Kägo ja Tormi Lillerand ning oma lõputööd tegevad bakalaureuse ja magistriastme üliõpilased, ning tihti ka teiste struktuuriüksuste õppejõud, nagu näiteks hetkel mitme poolelioleva koostööga matemaatika ja füüsika osakonna dotsent Olga Liivapuu ja energia-kasutuse õppetooli lektor Erkki Jõgi. Tihedad koostöökontaktid on grupil välisteadlastega, kellest nimekamad

on Ukraina Maa- ja bioressursside ülikooli mehhanismide ja masinate teooria professor akadeemik V. Bulgakov ning Sankt-Peterburgi Maaülikooli mehaanika teaduskonna dekaan professor V. Maksarov.

Veotehnika grupi tuumiku moodustavad dotsent Risto Ilves ning doktorandid Veljo Raide ja Keio Küüt. Praegusajal kuulub grupi koosseisu veel külalisprofessor Marcis Jansons USA-st. Grupi ajutisteks liikmeteks võib pidada samuti oma lõputööd tegevaid magistri- ja bakalaureuse astme üliõpilasi. Põllundus- ja veotehnika töörühma koosseisu kuulub veel õppemeister Mihhail Ivanov.

Õppetöö korraldamise loogika

Õppetöö on korraldatud nii, et bakalaureuse astmes tehnika ja tehnoloogia erialal on erialaainete "Põllundusmasinad" ja "Autod-traktorid" peamiseks märksõnaks masinkasutus ehk need on sisuliselt kirjeldavad kursused. Magistri astmes on tootmistehnika erialal õppekava üldiseks märksõnaks tootearendus ehk erialaained on valdavalt teoreetilist laadi kursused. Alates 2015. aastast sisaldab tootmistehnika õppekava eriala valikainete alammoduleid, millest töörühma kanda on "Autotehnika" ja "Põllumajandustehnika". Mõlemad valitavad alammoduleid koosnevad 4 erialaainest ja nende kummagi maht on kokku 20 EAP.

Põllundustehnika õppelaboris hoitakse püsiekspositsiooni masinate näol vähe, kuna kasutatakse põllundustehnika nn vastutavale hoiule võtmise taktikat. Sellest on võitnud nii üliõpilased, kes labortööde käigus saavad uurida peamiselt uusimat tehnikat, kui ka tehnikat vastutavale hoiule andvad müügiesindused, eelkõige masinate tasuta reklaami näol üliõpilaste hulgas. Püsiekspositsioonina kasutatakse näiteks pidevalt uuendatavat ja täiendatavat kobarstendi (joonis 1).

Mootorite katselabor on varustatud Schenck Dynas3 LI250 mootorite katsestendiga (joonis 2a). Katsemootoriks on AVL 5402 ühesilindriline diiselmootor, mis võimaldab läbi viia katsetusi erinevate biokütustega, muuta mootori juhtparameetreid ning tagab katseandmete stabiilsuse. Mootorikatsetuste käigus mõõdetakse kütusekulu (AVL 7351), õhukulu (AVL Flowsonix Air 100), ohtlike ühendite osakaal heitgaasides (Bosch BEA 350) ja põlemisrõhk silindris (AVL 621). Veotehnika katseseadmete juurde kuuluvad ka traktorite (joonis 2b) ja sõiduaudode katsestendid.



a)



b)

Joonis 1. Kobarstend: a – pneumokülvik, b – mineraalväetiselautur



a)



b)

Joonis 2. Mootorite katselabori seadmed: a – mootorite katsesend, b – traktorite katsesend

Teadus- ja arendustöö temaatika ja tulemused

EMÜ tehnikainstituudi põllundus- ja veotehnika töörühma uurimisteemad on järgmised:

1) kultuurmarjade masinviljelustehnoloogiate arendus, sh väetus- (täppisväetusroboti), hooldus- (kontakt-tõrjeseadme), koristus- (mustikakoristi/roboti), koristusjärgse esmatöötlusseadmete (sujuvalt muudetava fraktsioneerimispiiluga marjasorteri) modelleerimine ja arendus;

2) põllundusmasinate, sh kartuli-, suhkrupeedi-, tööstuskanepi jm külvi- ja koristusmasinate jm tehnoloogiliste seadmete tööprotsessi modelleerimine ja arendus;

3) freesturba tootmise automatiseerimine;

4) biolagunevate ja komposteeruvate lauanõude tootmisprotsessi arendus;

5) biokütuste omaduste ja mõju uurimine sise põlemismootori efektiivsusele ja ökonoomsuslikele parameetritele ja heitgaaside emissioonile;

6) biomanuste mõju uurimine kolbmootori kütusele ja masinaelementidele;

7) põllundusagregaadi liikumisdünaamika;

8) masinapargi monitooring ja kasutusefektiivsuse hindamine;

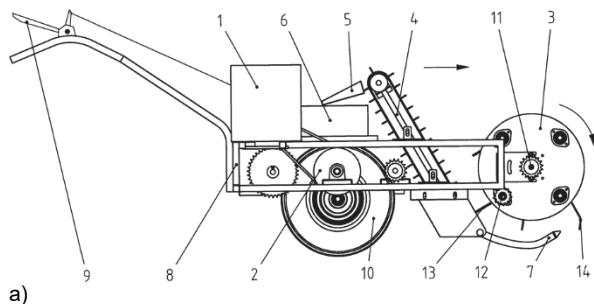
9) põllumajanduslik masinaehitus: materjalide lõikeprotsessi dünaamika (laastutekkeprotsessi kirjeldamine, vibratsiooni mõju uurimine, laastumurdmine) renoveeritud või valmistatud detailide pinnaviimistlus, sh magnetabrasiivne poleerimine jne.

Toodud loetelust nähtub, et teemad on paljuskki tootearenduslikud. Meie arvates peab tootearendusliku tööga kaasnema leiutustegevus. Leiutustegevuses on tehnika-instituudis aegade jookusul olnud erinevaid aktiivsusperioode. Leiutustegevuse tulemusena on ajavahemikul 1967–2018 registreeritud 45 autoritunnistust, 23 patenti ja 2 kasuliku mudelit. Perioodil 1989–2009 leiutustegevust ei toimunud. Mõned iseloomulikud leiutised on järgmised: kobesturader (SU810096, FI67285, SE421738, FR2500254), vurräke (SU1099859), kivi-kaitseeadis (SU1772901), haagik kahele külvikule (SU1250180, SU1473729, SU1732828, SU1839285, AU2834689, FI923036, HU202023), põimreasharimis-masin kartuli kloonvaliku meetodi tarbeks (SU1130182, SU1813321), põlluplaneer (SU1400525), mineraalväetiselaoti (SU1168129), mulla separaator kartuli koristus-järgsel töötlemisel (SU809679, SU1115671, SU1115812, SU1256717, SU1440400, 1181580), jao-turlaadur (SU1042648), konveierkaal (SU1224595) jt.

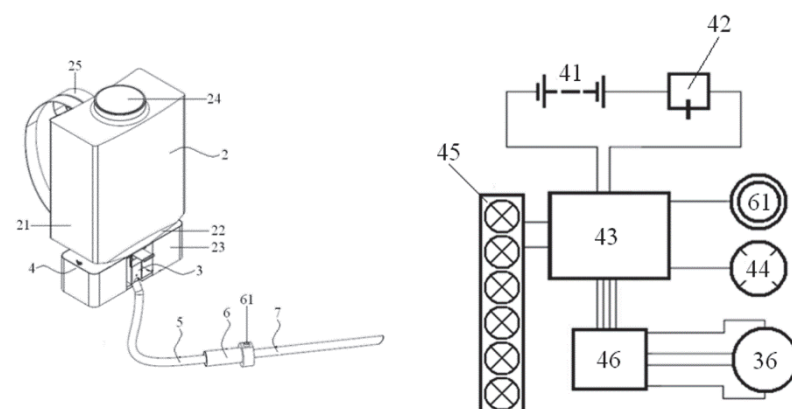
Järgnevalt esitame lühiülevaate viimasel kümnendil töörühma poolt tehtud tootearenduslikest töödest.

Põllumustustehnika grupi mustika masinviljeluse arendamise töögrupi koosseisu kuuluvad Jüri Olt, Margus Arak, Kaarel Soots jt. Grupi arendusteemaks on ammendunud freesturbaväljadele rajatud mustika-istandikele tehniliste ja tehnoloogiliste seadmete modelleerimine (Olt jt, 2013). Töögrupi eestvõttel on üliõpilaste tootearendusprojektide raames valmistanud mustikakombaini prototüüp (joonis 3), portatiivne kohtvætusseade (joonis 4), umbrohu kontakttõrjeseade (joonis 5), rihsorteer (joonis 6).

Patendiga EE05488B1 kaitstud mustikakoristi on väikeliikurmasin, mis sisaldab ajamit koos ülekandega, parallelogrammkorjehasplit, marjasegu konveierit, marjasuunurit, marjamahutit, kopeerseadist, raami masinaelementide ja koostude toetamiseks, juhthoobasid ja veermikku (Arak, Olt, 2014). Mustikakoristi tööorganite ummistuste ja mustikataimede vigastuste vältimiseks on korjehaspl varustatud elementidega mustikavarte orienteerimiseks korjekammi ette, kusjuures korjekammi piid on taimevigastuste vältimiseks kujundatud elastsetena.



Joonis 3. Mustikakoristi põhimõtteskeem (a) ja prototüüp (b) (EE05488B1)



Joonis 4. Portatiivne kohtvætusseadme mudel (a), juhtseadis (b) ja prototüüp (c) (EE01058U1)



Portatiivne kohtvætusseade (joonis 4), mis on kaitstud kasuliku mudeli tunnistusega EE01058U1 sisaldab õlarihmadega varustatud seljas kantavat paagikujulist vätisekasti, annustamisseadist, käepidet, vätisejuha ja annustamisotsikut. Annustamistäpsuse tagamise eesmärgil on annustamisseadis kujundatud mahtannustina, kusjuures mahtannusti käitamiseks sisaldab seade ajamit, mis on kujundatud elektri-ajamina ning ühendatud ajami tööd juhtiva juhtseadisega. Annustamisseadme elektri-ajami ülesannet



a)

Joonis 5. Umbrohu kontakttõrjeseade mudel (a) ja prototüüp (b)

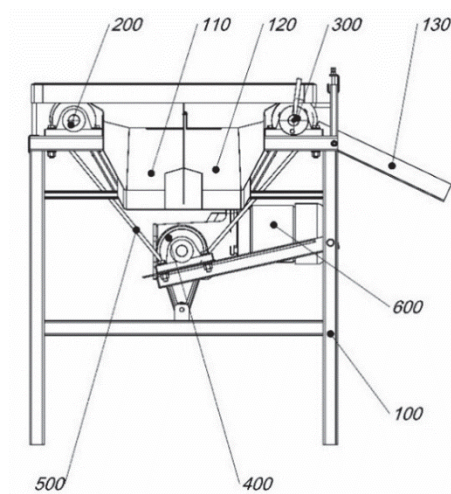
täidab samm-mootor. Annustamiskoguse reguleerimise eesmärgil on mahtannusti maht kujundatud muudatavaks, kusjuures mahtannusti maht on sujuvalt muudetav ning varustatud mehaanilise reguleeriseadisega, mis kujutab endast kruviseadist.

Umbrohu kontakttõrjeseade (joonis 5) sisaldab tööelemendiga varustatud haaratsit, toruvart, käepidet, päästikut, herbitsiidi paaki ja kanderihma. Seadme tööpõhimõte seisneb umbrohu puudutamises herbitsiidist niiske tööelemendiga.

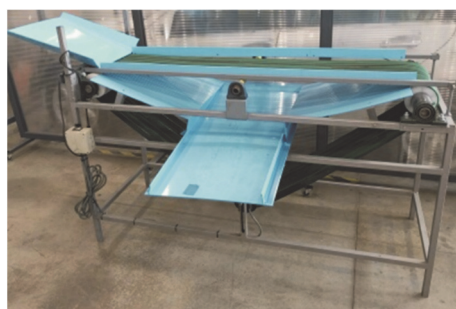


b)

Selle teema käigus uuriti ka mustikataime mehaanilisi omadusi – mustikavarre tõmbetugevust ning marja ja selle saba vahelist kinnitustugevust ning saba ja varre vahelist kinnitustugevust. Selle töö tulemused on publitseeritud (Arak jt, 2018).

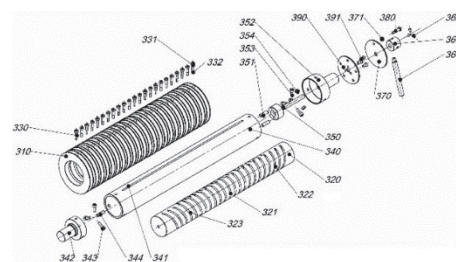


a)

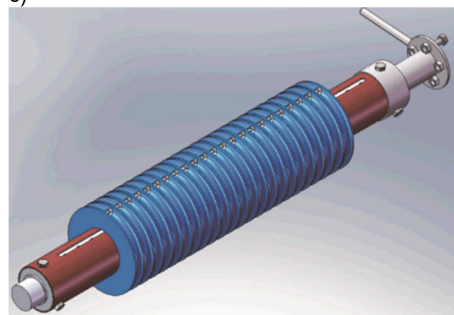


b)

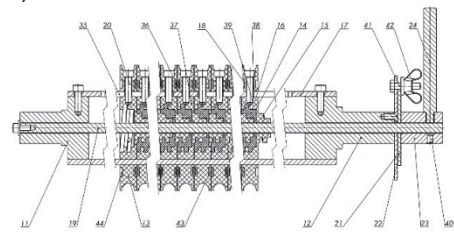
Joonis 6. Marjasorteer: a) üldvaade, b) prototüüp, c) reguleeritava rulli koostisosad, d) rulli mudel, e) rulli alternatiivne tehniline lahendus (EE05642B1 ja EE05798B1)



c)



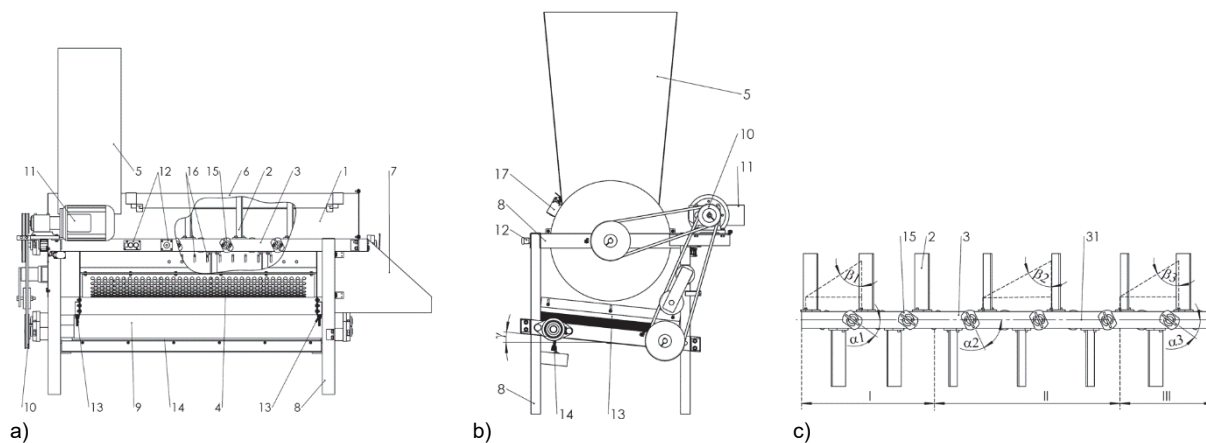
d)



e)

Astelpaju sorteeri (joonis 7) puhul on tegemist statsionaarse või teisaldatava masinaga, mis sisaldab ajamit koos ülekannetega, marjamassi segamise ja liigutamise eraldustrumlit ning võlli koos labadega, tihvte astelpajumarjade ja okste paremaks eraldamiseks, vahetatavat sõela astelpajumarjade eraldamiseks, ajami juhtnuppe ja ohutuslülituid, astelpajumarjade ja

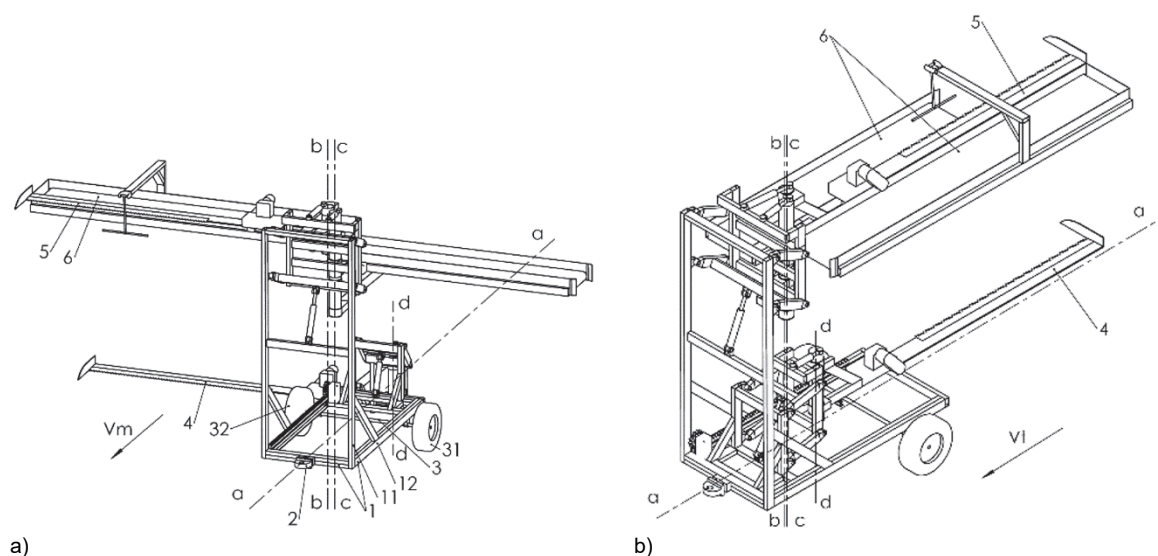
okste suunureid ning raami masinaelementide ja koostude toetamiseks. Astelpajumarjade okstest eraldamise seadme marjamassi liigutamise ja segamise võllil paiknevad labad piki võlli kruvijooneliselt ja on keeratud võlli telje suhtes nurga alla. Labade kruvijooneline paigutus ja nurk ühes trumli põhjas paikneva sõelaga tagavad astelpajumarjade parima eraldumise okstest.



Joonis 7. Astelpaju sorteeri: a – eestvaade, b – otsvaade, c – tööseadis (EE05717B1)

Töörühmas on projekteeritud kanepikoristi (joonis 8), mis sisaldab raami külge kinnitatud kahte, ülemist ja alumist lõikeseadet, ülekannet lõikeseadmete käitamiseks ja reguleerseadist lõikeseadmete lõikekõrguse seadistamiseks, põikkonveierit pöörise edastamiseks ja laadimiseks kõrval olevale veokile ning mehhanismi ülemise lõikeseadme ja põikkonveieri pööramiseks töö- ja teisaldusasendisse ning alumise lõikeseadme

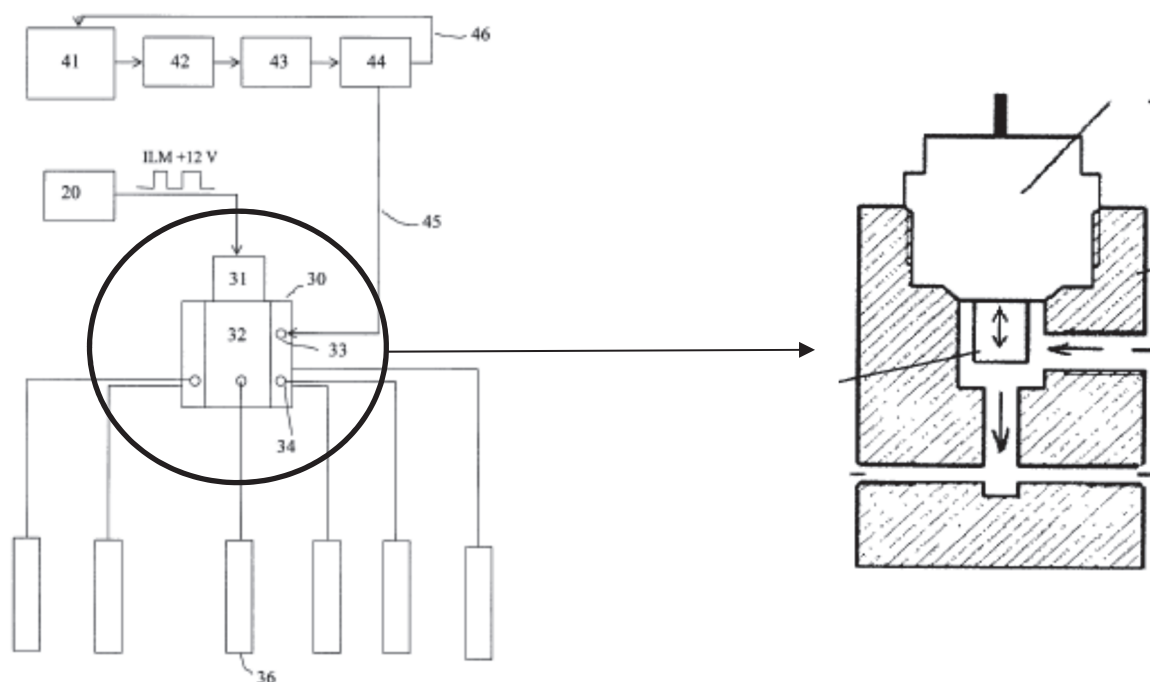
nihutamiseks ning pööramiseks töö- ja teisaldusasendisse. Ülemine lõikeseade ja põikkonveieri mõlemad osad on kinnitatud raami külge liigendite abil ning sisaldab hüdrocilindrit põikkonveieri ülemise osa pööramiseks. Alumine lõikeseade on samuti kinnitatud raami külge liigendi abil ning sisaldab hüdrocilindrit lõikeseadme pööramiseks ning hammasmehhanismi alumise lõikeseadme nihutamiseks pikisihis.



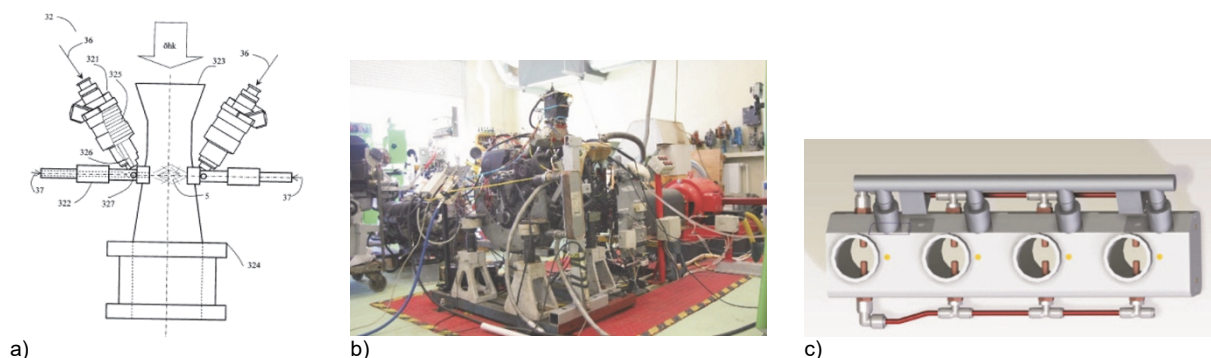
Joonis 8. Kanepikoristi töö-(a) ja teisaldusasendis (b) (EE05740B1)

Koostöös Kiievi Maa ja bioressursside ülikooli professori Volodymyr Bulgakoviga on keskendunud põllundustehnika ja -tehnoloogia modelleerimisele. Koostöö hõlmab erinevate masinaagregaatide (traktor-põllutöömasin) liikumisdünaamikat (Adamchuk jt, 2016; Bulgakov jt, 2016a), sh külviagregaadi liikumisstabiilsuse parendamist (Bulgakov jt, 2016a), seemendi modelleerimist (Bulgakov jt, 2016b), teraviljakombainipargi kujundamise ja uuendamise teoreetilisi aluseid

(Bulgakov jt, 2015), kartuli koristusjärgse töötlemise kvaliteedi parendamist (Bulgakov jt, 2017, 2019), põllundusliku sild(portaal)agregaadi modelleerimist (Bulgakov jt, 2017, 2018). Koostöös Ukraina kolleegidega on projekteeritud mugul- ja juurviljade edastamise ning sõelumise meetod ja harisõelur (joonis 9).



Joonis 11. Lisatoitesüsteem vedelate biokütuste doseerimiseks sisepõlemismootoris (EE05693B1)



Joonis 12. Lisatoitesüsteem vedelate biokütuste doseerimiseks survesüütega mootoris (EE05741B1): a – põhmõtteskeem, b – selle paiknemine mootoril ning c – täiendatud prototüüp

Kokkuvõte

EMÜ tehnikainstituudi biomajandustehnoloogiate õppetooli koosseisu kuuluv põllundus- ja veotehnika töörühm on kaasanud oma teadus- ja arendustöösse kõigi kolme astme (bakalaureuse-, magistri- ja doktori-õppe) üliõpilasi ning on teinud õppetööd teaduspõhiselt. Alates töörühma moodustamisest 2009. aastal on publitseeritud 55 kategooria 1.1 artiklit, saadud leiutiste eest 16 patenti ning 2 kasulikku mudelit. Mitmete teadusartiklite ja leiutiste kaasautorid on olnud üliõpilased.

Kirjandus

Adamchuk, A., Bulgakov, V., Nadykto, V., Ihnatiev, Y., Olt, J. 2016. Theoretical research into the power and energy performance of agricultural tractors. – *Agronomy Research*, 14(5):1511–1518.

Arak, M., Soots, K., Starast, M., Olt, J. 2018. Mechanical properties of blueberry stems. – *Research in Agricultural Engineering (RAE)*, 64(4):202–208. doi: 10.17221/90/2017-RAE.

Arak, M., Olt, J. 2014. Constructive and kinematics parameters of the picking device of blueberry harvester. – *Agronomy Research*, 12(1):25–32.

Bakker, T., van Asselt, K., Bontsema, J., Müller, J., van Straten, G. 2010. A path following algorithm for mobile robots. – *Autonomous Robots*, 29(1):85–97. doi: 10.1007/s10514-010-9182-3.

Bonadies, S., Gadsden, S.A. 2019. An overview of autonomous crop row navigation strategies for unmanned ground vehicles. – *Engineering in Agriculture, Environment and Food*, 12(1):24–31. doi: 10.1016/j.eaef.2018.09.001.

Bechar, A., Vigneault, C. 2016. Agricultural robot for field operations: Concept and components. – *Biosystems Engineering*, 149:94–111. doi: 10.1016/j.biosystemseng.2016.06.014.

- Bechar, A., Vigneault, C. 2017. Agricultural robot for field operations. Part 2: Operations and systems. – *Biosystems Engineering*, 153:110–128. doi: 10.1016/j.biosystemseng.2016.11.004.
- Bulgakov, V., Adamchuk, V., Arak, M., Olt, J. 2015. Mathematical modelling of the process of renewal of the fleet of combine harvesters. – *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 7:35–39.
- Bulgakov, V., Adamchuk, V., Arak, M., Nadykto, V., Kyurchev, V., Olt, J. 2016a. Theory of vertical oscillations and dynamic stability of combined tractor implement unit. – *Agronomy Research*, 14(3):689–710.
- Bulgakov, V., Adamchuk, V., Gorobey, V., Olt, J. 2016b. Theory of the oscillations of a toothed disc opener during its movement across irregularities of the soil surface. – *Agronomy Research*, 14(3):711–724.
- Bulgakov, V., Adamchuk, V., Kuvachov, V., Arak, M., Olt, J. 2017. Study into movement of wide span tractors (vehicles) used in controlled traffic farming. In: *Proceedings of the 28th International DAAAM Symposium "Intelligent Manufacturing & Automation"* (Ed. B. Katalinic). 2017 November 08–11, Zadar, Croatia. Vienna, Austria: DAAAM International, 28(1):0199–0208. doi: 10.2507/28th.daaam.proceedings.027.
- Bulgakov, V., Melnik, V., Kuvachov, V., Olt, J. 2018a. Theoretical Study on Linkage Unit of Wide Span Tractor. – In: *Proceedings of the 29th International DAAAM Symposium "Intelligent Manufacturing & Automation"* (Ed. B. Katalinic). 2018 October 24–27, Zadar, Croatia. Vienna, Austria: DAAAM International, 29(1):0180–0189. doi: 10.2507/29th.daaam.proceedings.026.
- Olt, J., Arak, M., Jasinskas, A. 2013. Development of mechanical technology for low-bush blueberry cultivating in the plantation established on milled peat fields. – *Agricultural Engineering*, 45(2):120–131.