

ISBN 978-617-8102-06-7

Міністерство освіти і науки України  
Національний університет біоресурсів  
і природокористування України  
Житомирський агротехнічний фаховий коледж  
Кафедра сільськогосподарських машин  
та системотехніки імені академіка П. М. Василенка

**ЗБІРНИК**  
**ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ**  
**XXIII МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ**  
**"Сучасні проблеми землеробської механіки"**  
**(16–18 жовтня 2022 року)**  
**присвяченій**  
**122-й річниці з дня народження академіка**  
**Петра Мефодійовича Василенка**

---

---

---



**Київ-Житомир – 2022**

**ББК40.7**

**УДК 631.17+62-52-631.3**

**JEL CLASSIFICATION Q 01; D 24; P 42**

**З 38**

Збірник тез доповідей XXIII Міжнародної наукової конференції "Сучасні проблеми землеробської механіки" (16–18 жовтня 2022 року). МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Житомирський агротехнічний фаховий коледж. Київ. Житомир. 2022. 271 с.

**ISBN 978-617-8102-06-7**

В збірнику тез представлено анотований зміст доповідей науково-педагогічних працівників, наукових співробітників та аспірантів НУБіП України, провідних вітчизняних і закордонних вищих навчальних закладів та наукових установ, в яких розглядаються завершені етапи розробок з землеробської механіки, агроінженерії, машин і обладнання сільськогосподарського виробництва, механізації сільського господарства, транспортних технологій і засобів у АПК, будівництва сільських територій, технічного сервісу і надійності машин для сільського, лісового і водного господарств та харчових технологій, удосконалення та нові розробки біотехнологічних процесів і технічних засобів.

Організаційний комітет:

**Ніколаєнко С.М.** - д.п.н., проф., академік НАПН, ректор Національного університету біоресурсів і природокористування України (НУБіП), *голова.*

**Тимошенко М.М.** - д.е.н., доц., в. о. директора ЖАТФК, *співголова.*

**Войтюк Д.Г.** - к.т.н., проф., член-кор. НААН, професор кафедри НУБіП, *співголова.*

**Братішко В.В.** - д.т.н., с.н.с., декан НУБіП, *співголова.*

**Адамчук В.В.** - д.т.н., проф., академік НААН, директор ІМА.

**Аулін В.В.** - д.т.н., проф., професор кафедри ЦНТУ.

**Борак К.В.** - д.т.н., доц., заступник директора ЖАТК.

**Бредихін В.В.** - к.т.н., доц., декан ДБУ.

**Булгаков В.М.** - д.т.н., проф., академік НААН, завідувач кафедри НУБіП.

**Гуменюк Ю.О.** - к.т.н., доц., завідувач кафедри НУБіП.

**Зубко В.М.** - д.т.н., проф., декан СНАУ.

**Іванишин В.В.** - д.е.н., проф., член-кор. НААН, ректор ЗВО «ПДУ».

**Іщенко Т.Д.** - к.п.н., проф., директор ДУ «НМЦВФПО».

**Калетнік Г.М.** - д.е.н., проф., академік НААН, президент ВНАУ.

**Кірчук Р.В.** - к.т.н., доц., декан ЛНТУ.

- Кобець А.С.** - д.н. з держ. упр., проф., ректор ДДАЕУ.
- Ковалишин С.Й.** - к.т.н., проф., декан ЛНУП.
- Кравчук В.І.** - д.т.н., проф., академік НААН, г.н.с. відділу ІБКЦБ НААН.
- Кропівний В.М.** - к.т.н., проф., ректор ЦНТУ.
- Кульгавий В.Ф.** - генеральний директор ВГО «Українська асоціація аграрних інженерів».
- Кюрчев В.М.** - д.т.н., проф., член-кор. НААН, радник ректора ТДАТУ імені Дмитра Моторного.
- Кюрчев С.В.** - д.т.н., проф., ректор ТДАТУ імені Дмитра Моторного.
- Марущак П.О.** – д.т.н., проф., проректор ТНТУ імені Івана Пулюя.
- Надикто В.Т.** - д.т.н., проф., член-кор. НААН України, професор кафедри ТДАТУ імені Дмитра Моторного.
- Панцир Ю.І.** - к.т.н., доц., декан ЗВО «ПДУ».
- Пугач А.М.** - д.н. з держ. упр., проф., декан ДДАЕУ.
- Пушка О.С.** - к.т.н., доц., декан УНУС.
- Роговський І.Л.** - д.т.н., проф., завідувач кафедри НУБіП.
- Ружило З.В.** - к.т.н., доц., декан НУБіП.
- Саченко В.І.** - к.т.н., голова Ради Асоціації «Укрмашбуд».
- Черновол М.І.** - д.т.н., проф., академік НААН, радник ректора ЦНТУ.
- Шебанін В.С.** - д.т.н., проф., академік НААН, ректор МНАУ.
- Ярош Д.Ю.** - д.т.н., проф., декан ПНУ.
- Henryk Sobczuk** - д.т.н., проф., завідувач відділу Інституту технологій і природничих наук у Фаленті (Польща).
- Salimzoda Amonullo Fajzullo** - д.с.-г.н., проф., член-кор. ТАСХН, ректор Таджикського аграрного університету імені Шириншо Шотемура (Таджикістан).
- Eric Veulliet** - проф., президент Університету прикладних наук Вайнштефан-Триздорф (Німеччина).
- Eugeniusz Krasowski** - д.т.н., проф., Польська академія наук відділення в Любліні (Польща).
- Vīa Melbarde** - д.т.н., проф., директор департаменту Відземського університету прикладних наук (Латвія).
- Kalinichenko Antonina** - д.т.н., проф., Інститут технічних наук Опольського університету (Польща).
- Virendra K. Vijay** - д.т.н., проф., керівник центру Індійського технологічного інституту Делі (Індія).

ISBN 978-617-8102-06-7

© НУБіП України, 2022.  
© ЖАТФК, 2022

## Секція

# Стан та перспективи розвитку сучасної землеробської механіки

УДК (001.89:Василенко):631.3

### ВИДАТНА НАУКОВА ПОСТАТЬ ДРУГОГО ТИСЯЧОЛІТТЯ

*Войтюк Д. Г., Гуменюк Ю. О.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Ровесник віку Петро Мефодієвич Василенко народився 17 жовтня 1900 року в селі Мигія Первомайського району Миколаївської області в незаможній селянській сім'ї і прожив складне, але яскраве життя не доживши до свого сторіччя півтора року (помер 21.04.1999р.). Майбутній академік П.М. Василенко на власній долі відчув усі буремні події XX століття: дві світові війни, громадянську війну, голодомор і тоталітарний режим. Його дитинство пройшло у рідному селі у постійній важкій праці з раннього віку у полі та власному господарстві. Як на старшу дитину в багатодітній родині на нього було покладено обов'язки по постійному догляді за молодшими братами та сестрами. В таких складних умовах він в 1911 році успішно закінчив 4-класну початкову школу і не залишав думки про подальше навчання. У 1914 році він вступив у 2-класне земське училище, яке знаходилося у с. Мигія, і успішно закінчив його у 1916 році. Далі, в цьому ж році, він вступив до Ольгинсько-Скаржинського сільськогосподарського училища 1-го розряду, що розташовувалося у рідному селі. Училище було укомплектовано кваліфікованими викладачами, мало добре оснащені приміщення та лабораторії, впорядковану бібліотеку і спеціальну дослідну ділянку землі площею 600 га.

Не зважаючи на складні умови під час громадянської війни, П.М. Василенко успішно закінчує наприкінці 1919 року училище і, як кращий випускник училища, у 1920 році отримав направлення на роботу інструктором з питань сільського господарства при Первомайському земельному відділі. Як молодого спеціаліста, у вересні 1920 року його направляють для продовження навчання у створений на базі Ольгинсько-Скаржинського училища Мигійський сільськогосподарський і кооперативний технікум на відділення рільництва. Після трирічного

успішного навчання в технікумі і року виробничої практики восени 1924 року П.М. Василенко одержав диплом агронома-рільника.

Тут доречно сказати, що такі технікуми згідно з Декретом РНК УРСР вважались вищими спеціальними навчальними закладами і проіснували в Україні до 1929 року. У подальшому з метою уніфікації освіти і учбових закладів України та Росії (у РРФСР технікуми вважались середніми учбовими закладами) вони були реорганізовані. Деяким з них було відразу надано статус інститутів, окремі об'єднано і також перетворено в інститути, а більшість пізніше втратили статус вищих учбових закладів. Мигійський сільськогосподарських технікум був реорганізований у вищий навчальний заклад і фактично суто умовно був об'єднаний з Луганським сільськогосподарським технікумом, після чого ці два технікуми на деякий час набули статусу Луганського сільськогосподарського інституту. І тоді диплом про отриману освіту, виданий Петру Мефодієвичу Василенку технікумом, був обміняний на свідоцтво від 10 вересня 1932 року про вищу освіту, нібито отриману в Луганському сільськогосподарському інституті. Можна також відзначити, що багато видатних учених України у той час закінчили такі технікуми. Серед них всесвітньо відомі вчені селекціонери-генетики – В.М. Ремесло, Ф.Г. Кириченко, П.Х. Гаркавий та інші у свій час закінчили Масловський сільськогосподарський технікум.

Викладацьку діяльність П.М. Василенко почав дуже рано уже під час переддипломної практики в Межиріцькій середній сільськогосподарській школі Голованівського району Одеської області, в якій працював з 1923 по 1928 рік на посадах учителя хімії та ґрунтознавства, землеробства, сільськогосподарського машинознавства та механізації сільськогосподарського виробництва, а також завідував галуззю практичного рільництва. Отже персональна відповідальність за підвищення продуктивності господарства школи спонукала П.М. Василенка звернути особливу увагу на гостру проблему механізації сільськогосподарського виробництва. Він переконує керівництво школи в необхідності придбати у власність трактор «Фордзон» і першим у Голованівському районі здійснює механізацію сільського господарства школи з використанням механічної тяги. Наочна демонстрація переваг використання техніки та поява перших навчених механізаторів у районі сприяли використанню машинної техніки у великих господарствах району.

Та все ж майбутнього вченого тягнуло до великих наукових та навчальних центрів і восени 1928 року Петро Мефодійович Василенко залишає рідні місця і приїжджає до Києва і вступає, а в липні 1929 року закінчує вищі педагогічні курси (Педвідділ) при Київському сільськогосподарському інституті. При навчанні на вищих педагогічних курсах навчальними планами передбачалось не тільки прослуховування лекцій, а й проведення самими слухачами курсів самостійний лекцій та лабораторно-практичних занять. Декілька лекцій та практичних занять із

сільськогосподарського машинознавства, проведених на цих курсах самим Петром Мефодійович Василенко, викликали захоплення слухачів та схвальні відгуки викладачів і спеціалістів. Після успішного складання усіх іспитів, враховуючи високі наукові та педагогічні здібності молодого викладача, він рішенням вченої ради Київського сільськогосподарського інституту разом зі свідоцтвом про закінчення курсів отримав рекомендацію-направлення на наукову роботу в галузі сільськогосподарського машинознавства.

Маючи твердий намір продовжити навчання П.М. Василенко готує реферат на актуальну на той час тему: «Теорія стійкості плуга», успішно складає вступні іспити і зараховується аспірантом науково-дослідної кафедри сільськогосподарської механіки, яка існувала при «Главнауці» Наркомату освіти України. Цю кафедру очолював академік К.К. Симінський, а її членами були видатні вчені: академік М.М. Крилов, майбутній академік М.М. Боголюбов, професори В. Серенсен, А.О. Василенко (згодом академік), Л.П. Крамаренко (майбутній член-кореспондент), майбутні професори: П.Ф. Вовк, В.В. Заморський та ін.

Таким чином, уже на початку своєї наукової діяльності молодому аспіранту пощастило не тільки спілкуватися з видатними вченими того часу в галузі математики та механіки, але й бути безпосереднім учасником науково методичних семінарів, які проводилися в Інституті технічної механіки та Інституті математики. Значний вплив на формування наукового мислення молодого вченого справили лекції академіка М.П. Кравчука з курсу диференціальні рівняння та К.К. Симінського з опору матеріалів.

Для підвищення рівня своїх знань у галузі математики і теоретичної механіки Петро Мефодійович Василенко брав активну участь у математичних семінарах на кафедрі прикладної математики природничо-технічного відділу ВУАН, які проводились під керівництвом академіка Д.О. Граве. Успішні виступи на наукових семінарах і постійне безпосереднє спілкування з видатними математиками України М.П. Кравчуком, Г.В. Пфейфером, В.І. Можаром та іншими сприяли тому, що за пропозицією академіка Д.О. Граве П.М. Василенка обрали членом комісії прикладної математики природничо-технічного відділу ВУАН.

Керівництво науково-дослідної кафедри сільськогосподарської механіки активно використовувало метод підготовки аспірантів шляхом їх безпосередньої участі у постійно діючих наукових семінарах. Такий метод спонукав П.М. Василенка у подальшому самому організовувати подібні наукові семінари не тільки в Україні, а й практично в усіх республіках Радянського Союзу.

Після закінчення аспірантури навесні 1932 року П.М. Василенко одержує направлення Комісаріату сільського господарства України на роботу в Житомирський сільськогосподарський інститут на посаду завідувача кафедри механізації сільського господарства. На жаль, за п'ять

місяців керівництво інституту так і не спромоглося навіть запропонувати окрему кімнату для сім'ї вченого, яка у цей час залишалась у Києві. Тому отримавши офіційний дозвіл на повернення до Києва, він починає працювати на посаді доцента в Київському інженерно-економічному інституті, де читає курси сільськогосподарських машин, технічної механіки, а також за сумісництвом працює у Київському інституті механізації та електрифікації сільського господарства. Останній восени 1935 року запрошує П.М. Василенка завідувати кафедрою сільськогосподарських машин, яка мала свою славетну історію з 1898 року, коли було відкрито сільськогосподарське відділення в Київському політехнічному інституті.

Петро Мефодієвич Василенко відкрив нову яскраву сторінку в історії кафедри сільськогосподарських машин. Маючи достатню механіко-математичну підготовку, глибокі знання з сільськогосподарського машинознавства молодий завідувач в своїх лекціях використовував нові наукові знання, які викликали захоплення серед широкого кола студентів і викладачів кафедри. На кафедрі активно проводилась науково-дослідна робота і публікація її результатів у наукових виданнях. Після першої наукової статті «Сопротивление почв сжатию, как один из факторов, определяющих работу сельскохозяйственных орудий», яка була надрукована в 1932 році в Москві в науковому журналі «Почвоведение» №6 П.М. Василенко публікує низку статей у журналах Інституту математики ВУАН у Києві, «Сельскохозяйственная машина» у Москві, а також одну статтю іноземною мовою. Ним також була підготовлена до друку важлива на той час теоретична праця «Основні елементи теорії, розрахунки та проектування сільськогосподарських машин. Плуги».

За матеріалами більше ніж 10 друкованих праць у травні 1937 року рішенням вищої атестаційної комісії СРСР та Всесоюзного комітету у справах вищої школи при РНК СРСР П.М. Василенку було присуджено науковий ступінь кандидата технічних наук без захисту дисертації.

В передвоєнні роки на кафедрі сільгоспмашин, крім навчальної, велася активна науково-дослідна робота і П.М. Василенко починає створювати власну наукову школу: під його керівництвом захистили кандидатські дисертації С.П. Бублик, П.І. Кондратюк, П.Т. Гончаренко. Про лідируючі позиції кафедри сільгоспмашин в Київському сільськогосподарському інституті, директором якого на той час був співробітник кафедри Т.С. Довгополов, свідчить той факт, що із висунутих шести претендентів від інституту загальні збори Академії наук УРСР 22 лютого 1939 року обрали член-кореспондентом по відділу Технічних наук єдиного П.М. Василенка. Серед обраних тоді член-кореспондентів АН УРСР були: Д.І. Блохінцев, М.М. Боголюбов, К.Д. Синельников, Г.Й. Сухомел, які в подальшому стали академіками, всесвітньовідомими вченими і збагатили світову науку видатними науковими досягненнями.

Головою експертної комісії з технічних наук по представленню до обрання членкорів був тоді академік АН УРСР Є.О. Патон.

На жаль творчий зліт П.М. Василенка і колективу очолюваної ним кафедри був перерваний війною. Київський сільськогосподарський інститут було евакуйовано до міста Алма-Ати (нині м. Алмати) в Казахський сільгоспінститут. Внаслідок бомбардування ешелону, в якому з майном Академії наук України евакуювався П.М. Василенко з сім'єю на Схід, він опинився на окупованій території в селі Сиволож Комарівського району (нині Ніжинського району) Чернігівської області. В цьому селі йому прийшлося пережити тяжкі роки окупації, працюючи простим робітником у господарстві та на невеликій присадибній ділянці.

Після звільнення села Сиволож у жовтні 1943 року він почав вчителювати у середній школі, а в січні 1944 року був запрошений на посаду завідувача кафедри фізики Ніжинського педагогічного інституту ім. Гоголя.

Після реевакуації Київського сільськогосподарського інституту у квітні 1944 року П.М. Василенко повертається до Києва і починає виконувати обов'язки заступника директора по навчальній частині і завідувача кафедри сільськогосподарських машин на факультеті механізації сільського господарства.

Вчений з властивою йому енергією поринає в розробку нових лекційних курсів, організацію і виконання науково-дослідної роботи, публікацію її результатів в наукових журналах, успішно працює над докторською дисертацією. В 1948 році спеціалізована вчена рада Московського інституту механізації та електрифікації сільського господарства ім. Молотова одностайно проголосувала за присудження наукового ступеня доктора технічних наук П.М. Василенку, який представив до захисту дисертаційну роботу на тему: «Основи теорії руху матеріальних частинок по шорстких поверхнях сільськогосподарських машин». Представлені в дисертації результати глибоких фундаментальних розробок сприяли тому, що вже 14 січня 1949 року ВАК СРСР видала йому диплом доктора технічних наук, а 19 травня 1949 року Міністерство вищої освіти СРСР та ВАК СРСР видали атестат професора по кафедрі сільськогосподарських машин.

Зруйноване війною сільськогосподарське машинобудування і сільськогосподарське виробництво з низьким рівнем механізації потребувало невідкладних заходів по теоретичному обґрунтуванню і нарощуванню виробництва нової сільськогосподарської техніки. Цьому слугував талант П.М. Василенка як лідера аграрної інженерної науки, який мобілізував на цю роботу не тільки членів кафедри, а і одночасно працював у Інституті машинознавства і сільськогосподарської механіки АН УРСР, а також співпрацював з головним науково-дослідним інститутом механізації та електрифікації сільського господарства (УНДІМЕСГ) і заводами сільськогосподарського машинобудування. Виконувані наукові роботи



стосувались розробки і наукового обґрунтування конструкцій культиваторів, сівалок, бурякозбирального комбайна та інших сільськогосподарських машин.

Не все було безхмарно в діяльності видатного вченого в післявоєнний період. Поряд з ним працювали колеги, які пройшли більш жорстке випробування війною, але були менш підготовлені до науково-педагогічної роботи, тому у них виникало бажання дещо тримати відомого вченого у постійно науково-організаційному напруженні і з 1948 року по 1953 рік він працює професором кафедри сільгоспмашин, а посаду завідувача обіймає доцент Кондратюк Павло Іванович, який під час війни був комісаром партизанського загону.

І треба завдячити долі, що правда в кінці кінців перемогла ще при житті звинувачуваного, в більшості ж випадків цей кінець в часі розміщений далі кінця нашого життя. Могутній талант видатного теоретика і педагога сприяли тому, що з 1953 року і до виходу на пенсію в 1962 році П.М. Василенко обіймав посаду завідувача кафедри сільськогосподарських машин.

Предметом особливої уваги П.М. Василенка була підготовка і кваліфікаційна оцінка наукових кадрів. В цей період на кафедрі сільгоспмашин пройшли аспірантську підготовку і захистили кандидатські дисертації: В.А. Михаловський, А.Ф. Волик, П.М. Желтишев, Г.К. Шкурський, В.С. Гапоненко, В.М. Синявський, які потім стали відомим вченими і очолювали кафедри в сільгоспакадемії та інших навчальних закладах, а в УНДІМЕСГ: П.Т. Бабій, П.М. Настенко, В.М. Соколов, І.І. Василенко, М.С. Хоменко, які згодом очолили наукові відділи в інституті.

В результаті виконаних наукових робіт було розроблено загальні механіко-математичні методи розв'язання задач аналізу та синтезу параметрів машин як вихідних засад сільськогосподарської механіки, які передавались в СКБ та ГСКБ заводів сільськогосподарського машинобудування або друкувались у періодичних журналах та окремих монографіях.

Наукові праці П.М. Василенка друкувались у доповідях АН УРСР, у доповідях ВАСГНІЛ, у Віснику с.-г. наук та інших виданнях. Низка його наукових праць була опублікована закордоном – Чехословаччині, Болгарії, Румунії, Франції та США, а окремі з них особливо відзначались у зарубіжній пресі. Так, наприклад, праця «Теорія кочення колеса зі слідом» цитувались у перекладеній російською мовою книзі «Машины и местность», виданій у США. До цієї статті була прикута увага у зв'язку з тим, що в ній йшла мова про кочення колеса зі слідом, бо саме таке кочення відбувалось при коченні коліс по поверхні Місяця, на який готувалась висадка космічного корабля.

Активна робота як в науково-дослідному інституті АН, так і в навчальній академії на посаді завідувача кафедри і професора з курсу

«Теорії і розрахунок с.-г. машин, примноження власного наукового доробку і розвиток своєї наукової школи, об'єктивне оцінювання дисертаційних робіт під час захисту на спеціалізованій вченій раді, плідне наукове спілкування як з відомими вченими, так із звичайними викладачами, співробітниками і студентами створили йому незаперечний авторитет як неординарної особистості. Тому закономірно відбулось заслужене визнання – на загальних зборах Всесоюзної академії сільськогосподарських наук ім. Леніна 25 червня 1956 року його було обрано дійсним членом (академіком) відділення «Механізація і електрифікація сільського господарства».

18 грудня 1956 року вийшла Постанова ЦК КП(б)У і РМ УРСР про створення на базі навчального закладу Українська сільськогосподарська академія і науково-дослідних інститутів аграрного профілю Української академії сільськогосподарських наук (УАСГН)

Доречно нагадати, що подібна наукова установа була створена урядом УНР (Симона Петлюри) ще в 1918 році. Для створення академії, як відомо, треба мати фундаторів і на пропозицію уряду і наукової громадськості і академії ВАСГНІЛ П.М. Василенко став її фундатором і був призначений на посаду академіка-секретаря відділення механізації і електрифікації, одночасно залишаючись на посаді зав. кафедри сільгоспмашин і продовжуючи читати лекції. Створення академії сприяло зміцненню зв'язків із заводами сільгоспмашинобудування, які залучались до участі у нарадах при УАСГН, присвячених проблемам механізації і електрифікації сільськогосподарського виробництва. Працюючи на посадах академіка-секретаря і завідувача кафедри П.М. Василенко проводив досить широку підготовку нових молодих наукових кадрів через аспірантуру. В 1962 році УАСГН була реорганізована у Південне відділення ВАСГНІЛ, а з 25 грудня 1990 року було створено Українську академію аграрних наук (нині Національна академія аграрних наук України) і в 1991 році він знову був обраний академіком цієї академії.

В 1962 році партійними і державними органами був проголошений курс на оновлення керівництва в наукових і освітянських установах, П.М. Василенко звільняється майже з усіх посад і переходить на посаду професора-консультанта кафедри сільськогосподарських машин УСГА (нині Національний університет біоресурсів і природокористування України), де і працює до кінця свого життя.

Звільнення від адміністративних обов'язків, після офіційного виходу на пенсію, вивільнило могутній творчий потенціал вченого і дало можливість зосередитись тільки на науковій діяльності. За період активної роботи «на пенсії» П.М. Василенко видав більше 120 наукових праць, в тому числі підручники і фундаментальні монографії, підготував чотирьох докторів та двадцять трьох кандидатів технічних наук, давав наукові консультації багатьом пошукачам докторських і кандидатських дисертацій з різних наукових та освітніх закладів бувшого Радянського Союзу.

Так за дуже короткий термін в 1964 році він видав фундаментальну монографію «Автоматизация процессов сельскохозяйственного производства», яка занесена до книг Міжнародного фонду ООН, за якою визначається рівень автоматизації сільськогосподарського виробництва в усіх країнах світу і рекомендується фахівцям для детального вивчення. Свою ж останню фундаментальну монографію «Введение в земледельческую механику» він видав у 1996 році, коли йому виповнилось 96 років.

Академік П.М. Василенко користувався незаперечним авторитетом серед учених ВАСГНІЛ і академія доручала йому проведення наукових семінарів з проблем землеробської механіки у всіх наукових центрах колишнього Союзу. Відгуки про якість цих семінарів, які надходили до ВАСГНІЛ, були сповнені найвищих оцінок, а інакше і не могло бути, адже це П.М. Василенко – видатна постать в науці.

Про наукову та практичну цінність опублікованих праць П.М. Василенка свідчать багаточисленні посилання на них у вітчизняній і зарубіжній пресі, а також відгуки та рецензії на них учених і, зокрема, таких видатних, як академік АН СРСР І.І. Артоболевський, академік ВАСГНІЛ В.О. Желіговський.

Науковим тріумфом втілення в практику наукових ідей П.М. Василенка стало успішне використання автоматичних апаратів пересування «Ровер» по поверхні Місяця, яке здійснили американці двічі в 1971-1972 рр. посилаючи туди свої космічні кораблі.

В цілому оцінюючи всю багаторічну діяльність академіка П.М. Василенка, той фундаментальний внесок, який він додав у розвиток сільськогосподарської техніки і, зокрема, в розвиток таких наукових дисциплін, як сільськогосподарське машинознавство та сільськогосподарська механіка, дає підставу вважати його одним з основоположників такої наукової дисципліни, як сільськогосподарська механіка в Україні.

За видатний науковий внесок у розвиток землеробської механіки рішенням Президії ВАСГНІЛ П.М. Василенку 7 грудня 1977 року було присуджено Золоту медаль імені В.П. Горячкіна – найвищу нагороду цієї академії в галузі механізації і електрифікації сільського господарства. До цього такою медаллю були нагороджені лише два вчених: всесвітньовідомий вчений, Герой Соціалістичної Праці, академік АН СРСР І.І. Артоболевський і академік ВАСГНІЛ В.О. Желіговський. По своїй скромності П.М. Василенко уникав представлення свого місця в науці. Коли в 1990 році ми з академіком Л.В. Погорілим готували оглядову статтю «Машиноведение, земледельческая механика и техника в 20-м веке», в якій зробили спробу «проранжувати» науковий вклад окремих вчених, то завершили її таким текстом: «Среди выдающихся ученых, внесших фундаментальный вклад в развитие машиноведения и земледельческой

механики и образовавшие широко известные в стране и за ее пределами научные школы, в истекшем веке в числе первых следует назвать такие имена:

1. Горячкин Василий Прохорович (1868-1935) – почетный академик АН СССР, академик ВАСХНИЛ.

2. Желиговский Владислав Александрович (1891-1974) – академик ВАСХНИЛ, лауреат медали им. В.П. Горячкина.

3. Василенко Петр Мефодиевич (1900-1999) – академик Украинской академии аграрных наук и Российской академии сельскохозяйственных наук (бывшая ВАСХНИЛ), лауреат Золотой медали им. В.П. Горячкина, член-корреспондент НАН Украины.

4. Артоболевский Иван Иванович (1905-1977) – академик АН СССР, Герой Социалистического Труда, лауреат медали им. В.П. Горячкина.

5. Болтинский Василий Николаевич (1904-1977) – академик ВАСХНИЛ, Герой Социалистического Труда.

6. Летошнев Михаил Николаевич (1888-1958) – почетный академик ВАСХНИЛ.

7. Василенко Иван Фомич (1894-1980) – академик ВАСХНИЛ, Герой Социалистического Труда.

8. Лучинский Николай Дмитриевич (1899-1983) – академик ВАСХНИЛ.

На жаль, багаторічну працю видатного вченого Петра Мефодійовича Василенка було відзначено невеликою кількістю урядових нагород, серед яких один орден «Знак пошани» (1948 р.), Почесна грамота Президії Верховної Ради УРСР (1980 р.), медалі: «Винахідник СРСР», «Ветеран праці», 2 бронзові медалі ВДНГ СРСР, «В пам'ять 1500-річчя Києва», «50 років Перемоги у Великій Вітчизняній війні» та «50 років визволення України». У 1995 році Указом Президента України вченого було нагороджено Почесною відзнакою Президента України із врученням медалі.

З боку керівництва ВАСГНІЛ надходили численні пропозиції керівництва нашого вишу надати матеріали до присвоєння академіку П.М. Василенку звання Героя Соціалістичної Праці, однак консультацій у вищих партійних органах з цього приводу (перебування на окупованій території) не дали бажаних нам результатів.

Наприкінці XX століття Американський Біографічний Інститут (АВІ) підготував книгу «700 біографій найвидатніших людей планети цього століття», чий персональні наукові розробки, гуманітарні ідеї або політична діяльність значно вплинули на розвиток світової цивілізації. У цій книзі ім'я академіка Петра Мефодійовича Василенка стоїть поряд з іменами багатьох видатних вчених. Як одного з небагатьох «alive legends» (жива легенда) напередодні нового століття вченого за рішенням АВІ вшанували персональною золотою медаллю Пошани 2-го тисячоліття.

На пошану академіка Петра Мефодійовича Василенка на Алеї Слави видатних вчених НУБіП України встановлено його погруддя, видано низку книг про його життя та наукову діяльність, захищено дисертацію на здобуття наукового ступеня кандидата історичних наук співробітником кафедри Деркачем Олексієм Павловичем. Кафедра сільськогосподарських машин та системотехніки у Національному університеті біоресурсів і природокористування України, яку він очолював багато років, тепер носить його ім'я. На кафедрі створено музей, більшість експонатів якого свідчать про видатну роль академіка П.М. Василенка. Нещодавно внук Василенко Олександр Володимирович передав музею (Рис.1) сімейні реліквії: Золоту медаль імені В.П. Горячкіна, книжкову шафу та робочий стіл, за яким працював його видатний дідусь.



Рис. 1. Професор кафедри сільськогосподарських машин та системотехніки ім. акад. П.М. Василенка Д.Г. Войтюк (зліва) та внук П.М. Василенка, Олександр Володимирович Василенко (справа) у музеї кафедри з нагоди 120-річчя від дня народження П.М. Василенка та передачі кафедрі Золотої медалі імені В.П. Горячкіна та особистих речей П.М. Василенка.

Він також уточнив деякі сімейні факти, що прізвище бабусі Раїси Миколаївни не Цвітенко (так вказувалось у деяких публікаціях), а Кук. На

учбовому корпусі №7 НУБіП, в якому розташовується кафедра, де вчений працював фактично все життя встановлено меморіальну дошку. Вшановуючи пам'ять видатного вченого в галузі землеробської механіки, Кабінет Міністрів України 12 травня 2004 року присвоїв його ім'я Харківському національному технічному університету сільського господарства.

Внук П.М. Василенка Олександр Володимирович виношував ідею створення віртуального музею свого дідуся, в якому кожний охочий міг би ознайомитись з родинним архівом сім'ї Василенків, а також працями академіка та відгуками видатних людей про його діяльність. Олександр Володимирович навіть частково реалізував цю ідею, проте подальшій її реалізації завадила пандемія COVID-19, яка забрала життя і світла йому пам'ять.

Благородна справа видатного вченого П.М. Василенка продовжується у численних наукових працях його учнів та послідовників. Його учні створили вже власні наукові школи, які плідно працюють у незалежній Україні забезпечуючи подальший розвиток науки із землеробської механіки та інженерно-технічного забезпечення сільськогосподарського виробництва країни. Є всі підстави стверджувати, що багаторічне життя, плідна творча праця й феноменальні наукові здобутки цієї видатної людини України, не зважаючи на всі труднощі та негаразди XX століття, завжди здійснювались ним завдяки трьом мудрим життєвим принципам: почуттям людської гідності, внутрішній незалежності та особистій значущості.

Пам'ять, яку залишив по собі академік П.М. Василенко, слугує для всіх, хто мав щастя з ним спілкуватися і близько його знати, невичерпним джерелом творчості та натхнення, прикладом самовідданого служіння науці.

#### Список використаних джерел

1. Василенко П.М.: бібліогр. Показчик наук. праць за 1933 – 1999 рр./УААН. ЦНСГБ. Нац.аграр. ун-т; упоряд.: Т.Ф. Дерлеменко, Л.Д. Полякова, Д.В. Устиновський, З.І. Варга, В.М. Булгаков, Д.Г. Войтюк; наук. Ред. Г.Г. Хурманець. К.: Аграр. наука, 2000. 140 с.; портр. (Бібліогр. сер. «Академіки Української академії аграрних наук»/УААН, ЦНСГБ, НАУ).
2. Академік Василенко П.М. – яскравий погляд у майбутнє / за ред. В.М. Булгакова та Г.М. Калетніка. К.: Хай-Тек Прес, 2012. 680 с.
3. Василенко П. М. Культиваторы: конструкция, теория и расчет / П. М. Василенко, П. Т. Бабий. К.: УСХН, 1961. 239 с.
4. Василенко П. М. Автоматизация процессов сельскохозяйственного производства / П. М. Василенко, И. И. Василенко. М.: Колос, 1964. 384 с.
5. Василенко П. М. Земледельческая механика / П. М. Василенко, И. И. Артоболевский, А. А. Дубровский. Правда. 1968. 19 апр.

6. Развитие механизации и электрификации сельского хозяйства Украинской ССР / [Н. П. Барабан, Н. И. Бублик, П. М. Василенко, И. А. Коваль, И. И. Мартыненко, И. П. Масло, А. А. Омельченко, Л. В. Погорелый и др.] ; АН УССР; Ин-т истории, УНИИМЭСХ, Всесоюзн. науч.-исслед. конструкторско-технолог. ин-т по машинам для комплексной механизации животновод. ферм, НПО УСХА. К.: Наукова думка, 1988. 472 с.

7. Василенко П. М. Теория движения частицы по шероховатым поверхностям сельскохозяйственных машин. К.: УАСН, 1960 283 с.

УДК 631.522 (091)

## **ВНЕСОК АКАДЕМІКА П.М. ВАСИЛЕНКА В НАУКОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЛАБОРАТОРІЇ ТА ІНСТИТУТУ МАШИНОЗНАВСТВА І СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ МЕХАНІКИ**

*Войтюк Д. Г., Деркач О. П.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Не так уже й багато у вітчизняній науці імен, чия зірка, здійнявшись у зеніт багато десятиліть назад, не тільки не втратила блиску, але й освічує потаємні дослідницькі стежки в майбутнє [1, с. 3]. Одне з них – Петро Мефодійович Василенко, корифей землеробської (сільськогосподарської) механіки України, академік Національної академії аграрних наук, член-кореспондент Національної академії наук України, доктор технічних наук, професор, наукові здобутки якого знайшли своє визнання не тільки в Україні, а й далеко за її межами.

У процесі аналізу останніх досліджень і публікацій [2, 3], виявлено малодосліджені наукові джерела, що стосуються наукових досліджень академіка П.М. Василенка в Лабораторії машинобудування і проблем сільськогосподарської механіки та Інституті машинознавства і сільськогосподарської механіки (ІМІСМ) Академії наук УРСР.

Метою дослідження є визначення внеску академіка П.М. Василенка у наукові дослідження Лабораторії машинобудування і проблем сільськогосподарської механіки та Інституту машинознавства і сільськогосподарської механіки.

У 40-50-тих роках ХХ ст. одним із осередків наукової діяльності академіка П.М. Василенка була Лабораторія машинобудування і проблем сільськогосподарської механіки та Інститут машинознавства і сільськогосподарської механіки.

Лабораторія сільськогосподарської механіки, згідно з постановою Президії Академії наук Української РСР, була створена в лютому 1944 року

при Інституті будівельної механіки АН УРСР в складі п'яти наукових співробітників, одним з яких був і П.М. Василенко.

Постановою Ради Народних Комісарів УРСР №328 від 9 березня 1945 р. та постановою Президії АН УРСР №5 від 23 березня 1945 року ця лабораторія виділяється в самостійну наукову одиницю при Відділенні технічних наук АН УРСР з назвою "Лабораторія машинобудування і проблем сільськогосподарської механіки" [4, с.4].

Відповідно до розпорядження Ради Міністрів СРСР №521-р від 15 січня, Постанови Ради Міністрів УРСР №221 від 31 січня та Постанови Президії АН УРСР від 10 лютого 1950 року Лабораторія машинобудування і проблем сільськогосподарської механіки була реорганізована в Інститут машинознавства і сільськогосподарської механіки Академії наук УРСР (ІМІСМ) [5].

Лабораторія та Інститут проводили актуальні науково-дослідні роботи з землеробської (сільськогосподарської) механіки та разом з конструкторськими бюро заводів сільськогосподарського машинобудування здійснювали розробку та впровадження машин для сільськогосподарського виробництва.

Завідувачем відділу теорії сільськогосподарських машин ІМІСМ, чл.-кор. АН УРСР П.М. Василенком, було розроблено відсутній до цього часу метод розрахунку фрикційних поверхонь сільськогосподарських машин. Це були фундаментальні теоретичні дослідження у галузі землеробської механіки. Згодом результати цих досліджень увійшли до монографії П.М. Василенка "Теория движения частицы по шероховатым поверхностям сельскохозяйственных машин" [6]. У науково-технічній літературі до цього часу ще не існувало монографії, яка б настільки повно охоплювала кінематику руху матеріальних часток по фрикційних поверхнях сільськогосподарських машин. Академік ВАСГНІЛ В.О. Желіговський назвав її цінним внеском у землеробську механіку [7].

Основні положення теорії кочення колеса зі слідом, розробленої П.М. Василенком, викладені в роботі [8]. Він узагальнив систему рівнянь для статичних умов кочення колеса зі слідом. Елементи цієї теорії були використані американськими вченими при розробці місяцехода "LRV". На статтю П.М. Василенка "К теории качения колеса со следом" посилається у своїй книзі американський вчений М.Г. Беккер, який займався дослідженнями прохідності машин по поверхні Місяця і планет Сонячної системи [9].

Важливим був внесок П.М. Василенка в методику обробки результатів експериментальних досліджень. Розроблені ним елементи цієї методики, широко використовували молоді учені не тільки України, а й усіх республік колишнього Радянського Союзу [10].

Основним завданням розділу землеробської механіки – теорії маси і швидкостей руху сільськогосподарських машин – є визначення достатньої і



необхідної величини маси робочих органів знарядь і двигунів з метою вмістити якомога більше кінетичної енергії в одиниці маси. У зв'язку із підвищенням робочих швидкостей сільськогосподарських машин і машинно-тракторних агрегатів розв'язання цього завдання набуває великого значення. Чл.-кор. АН УРСР П.М. Василенко виявив функціональну залежність між масою машинно-тракторного агрегату, швидкістю його руху і моментами сил, що прикладені до нього. Для цього він використав методи аналітичної динаміки, зокрема, метод Лагранжа (диференціальні рівняння Лагранжа другого роду), що також мало велике значення для розвитку теоретичних основ землеробської механіки [11].

Висновок. У результаті аналізу наукових досліджень, проведених академіком П.М. Василенком у Лабораторії машинобудування і проблем сільськогосподарської механіки та Інституті машинознавства і сільськогосподарської механіки Академії наук УРСР було встановлено, що П.М. Василенком фундаментально досліджено рух матеріальної частинки по фрикційних поверхнях сільськогосподарських машин та запропоновано метод їх розрахунку, отримано практичні рекомендації для створення більш продуктивних сортувальних машин, узагальнено систему рівнянь для статичних умов кочення колеса зі слідом, розроблено методику обробки результатів експериментальних досліджень, удосконалено теорію маси і швидкостей руху сільськогосподарських машин. Усі ці дослідження були вагомим внеском у подальший розвиток теоретичних основ землеробської (сільськогосподарської) механіки.

#### Список використаних джерел

1. Василенко П.М. Введение в земледельческую механику. К.: Сільгоспосвіта, 1996. 252 с.
2. Деркач О.П. Науковий доробок академіка П.М. Василенка (1900–1999). Історія науки і біографістика : електрон. наук. фахове вид. 2018. № 3. URL : <http://inb.dnsgb.com.ua/2018-3/18.pdf>.
3. Деркач О.П. Розвиток землеробської механіки в Україні в повоєнний період (40-50-ті роки ХХ ст.). Історія української науки на межі тисячоліть: зб. наук. праць / відп. ред. О.Я. Пилипчук. К.: 2017. Вип. 43. С. 88-94.
4. Василенко А.А. П'ять років роботи Лабораторії машинобудування і проблем сільськогосподарської механіки Академії наук Української РСР. Труды Лабораторії машинобудування та проблем сільськогосподарської механіки. К.: 1950. Т. 1. С. 3 - 22.
5. Науковий архів Президії НАНУ. Постанови Президії НАНУ.
6. Василенко П.М. Теория движения частицы по шероховатым поверхностям сельскохозяйственных машин. Под ред. М.И. Медведева. К.: Изд-во УАСХН, 1960. 283 с.
7. Желиговский В.А. Фундаментальный вклад в теорию сельскохозяйственных машин. Механизация и электрификация

социалистического сельского хозяйства. 1964. №3. С. 64.

8. Василенко П.М. К теории качения колеса со следом . Сельхозмашина. 1950. №9. С. 11-14.

9. Bekker M.G. Introduction to Terrain – Vehicle Systems. The Universiti of Michigan Press. 1969. p. 520.

10. Василенко П.М. Элементы методики математической обработки результатов экспериментальных исследований. Всесоюз. науч.-исслед. ин-т механизации. М. 1958. С. 60.

11. Василенко П.М. Некоторые вопросы теории массы и скоростей сельскохозяйственных машин. Докл. ВАСХНИЛ. М. 1958. Вып. 9. С. 43-48.

УДК 631.3, 681.5.01

## **ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ПОТОКОВОГО ГАРАНТИВНО-АДАПТИВНОГО УПРАВЛІННЯ ОБРОБІТКОМ ҐРУНТУ**

*Кравчук В. І., Ганженко О. М., Іванюта М. В.*

*Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН*

*Курка В. П.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Постановка проблеми. В технологіях землеробства задача техніко-технологічних рішень максимально адаптувати показники ґрунту до оптимальних значень для ефективного росту і розвитку рослин [1]. Однак, в сучасних технологіях точного (керованого) землеробства залишається актуальним потокове визначення властивостей ґрунту, зокрема вологості, щільності та гранулометричного складу [2] згідно вимог електронної агротехнологічної карти (АТЕК).

Перспективними засобами визначення цих показників є електронні високошвидкісні установки безконтактного контролю [4]. Зазначені засоби можуть забезпечити їх ефективність за умов застосування в технологічних системах потокового гарантовано-адаптивного управління (ГАУ) обробітку ґрунту [1, 3], що на даний час досліджено недостатньо.

Аналіз останніх досліджень. Вирішенню складних, різнополюсних, задач якості та ефективності технології обробітку ґрунту присвячена значна кількість робіт.

Відомо також [1, 3], що при проектуванні та розрахунках автоматизованого управління обробітком ґрунту а також конкретних задач керування робочими органами ґрунтообробних машин, основні труднощі пов'язують з відсутністю потокової інформації стану агрофізичних

показників ґрунту. Таку інформацію, як складову ГАУ необхідно отримувати динамічно в процесі роботи всієї адаптивної системи обробітку ґрунту, що досліджено недостатньо.

**Мета:** Дослідити інформаційно-технологічні аспекти потокового гарантивно-адаптивного управління процесами роботи ґрунтообробних машин.

**Методи і матеріали.** Емпіричні дослідження, узагальнення та класифікація технологічно значимих агрофізичних показників стану ґрунту.

Структурний аналіз, синтез та ієрархічне впорядкування систем шляхом виділення адаптивних підсистем і елементів різного рівня із встановленням взаємозв'язків для потокового управління обробітком ґрунту.

**Результати.** Розроблено гіпотезу, структурну схему та матрицю потокового гарантовано-адаптованого управління робочими процесами ґрунтообробних машин.

На основі гіпотези розроблено структурну схему системи управління (рисунок 1. а), з оціночними показниками щільності  $\rho_1$  та коефіцієнта структурності ґрунту  $K_s$ . Основну частину системи складають робочий орган (виконавчий механізм), агрофізичний стан ґрунту та система управління з векторами вхідних параметрів  $\overline{X}_{вх}$ , керуючих сигналів  $\overline{U}$ , значень обробітку  $\overline{X}_{вих}$ , та їх відхилень  $\overline{\varepsilon}$ .

Модель потокового управління (рисунок 1. а) розроблена методом структурних матриць [7], враховує зміни зовнішніх факторів (гранулометричний склад  $f$  та вологість  $W$ ) що суттєво впливають на отримання визначених  $\rho_1$   $K_s$  згідно з АТЕК.

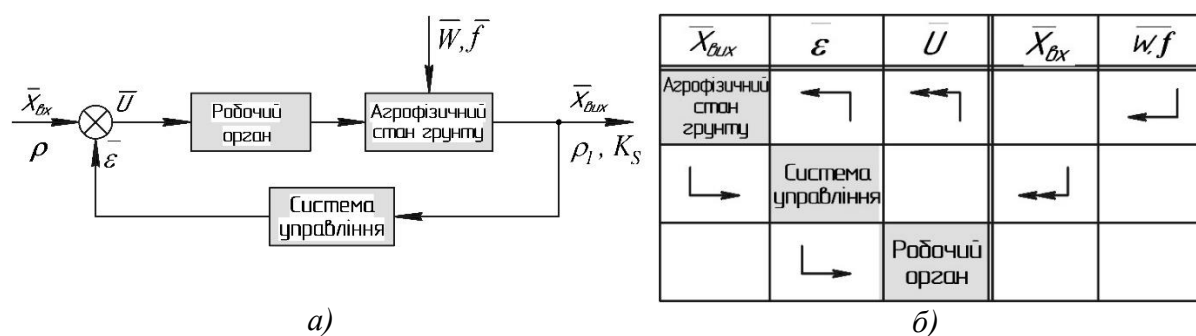


Рис. 1. Модель потокової системи управління обробітком ґрунту.

Структурна матриця (рис. 1. б) включає згадані раніше три блоки розділені на елементи (вихідні характеристики  $\overline{X}_{вих}$  відхилення  $\overline{\varepsilon}$  та керуючі сигнали  $\overline{U}$ ). Кутові стрілки визначають зв'язки між регуляторами у відповідності до проходження матричного циклу. Подвійні стрілки-керуючі

дії, що потребують енергетичного навантаження. Ліва частина структурної матриці містить замкнутий контур процесу керування обробітком ґрунту [7]. Права частина містить два керуючих входи:  $\overline{X_{\text{вх}}}$  задані вхідні вимоги, та  $W, f$  змінні зовнішні фактори.

Рівняння потокового управління на основі структурної матриці має вигляд [7]:

$$Ax = Bu + H\gamma \quad (1)$$

де  $A$  – матриця керування обробітком ґрунту;

$B$  – матриця завдання згідно АТЕК;

$H$  – матриця зовнішніх умов;

$x = (\rho, K_S)$  – вектор стану системи;

$u = U$  – вектор стану керуючих дій;

$\gamma = (W, f)$  – вектор стану зовнішніх факторів.

В компактній формі запису після перетворень структурну схему (Рисунок 1, а) та структурну матрицю (Рисунок 1, б) можна виразити у вигляді системи рівнянь [7]:

$$\left. \begin{aligned} a_{11} \cdot X_{\text{вих}} - a_{21} \cdot \varepsilon - a_{31} \cdot U &= \gamma \\ a_{12} \cdot X_{\text{вих}} + a_{22} \cdot \varepsilon &= X_{\text{вх}} \\ a_{23} \cdot \varepsilon - a_{33} \cdot U &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

де  $a_{ij}$  – передаточна функція алгебраїчних зв'язків керуючих дій;

Перше рівняння в системі описує об'єкт регулювання (агрофізичний стан ґрунту), друге – керуючу систему (СУ), третє безпосередньо регулятор (робочий орган).

Представлення системи у вигляді матричних рівнянь визначає передумови подальшого опису лінійних алгебраїчних зв'язків керуючих дій потокового ГАУ обробітком ґрунту.

Висновки. За результатами проведених досліджень розроблено гіпотезу, структурну схему та обґрунтовано узагальнену матричну форму запису рівнянь для потокового ГАУ обробітку ґрунту залежно від впливу вхідних параметрів АТЕК та зовнішніх факторів.

Список використаних джерел

1. Баранов Г., Кравчук В., Любченко С., Козелков С. Гарантовано адаптивне управління агровиробництвом продукції рослинництва з використанням даних дистанційного зондування Землі. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: Зб. наук. праць УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. Дослідницьке. 2008. – Вип. 12(26). С252-254.

2. ДСТУ 4362:2004. Якість ґрунту. Показники родючості ґрунтів. [Чинний від 2006-01-01] Київ: «Держспоживстандарт України». 2005. 17 с.

3. Кравчук В. Концепція гарантовано-адаптованого управління робочими процесами сільськогосподарських агрегатів та машин.

Перспективи застосування технологій точного землеробства: Матер. 2-ї міжнар. наук.-практ. Конфер. Техніка АПК, 2000.

4. Кравчук В. Сінченко В. Іванюта М. Шустік Л. Потокове визначення щільності ґрунту: стан і прогноз досліджень. «Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України» збірник наук. пр. УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. Дослідницьке, 2022. Вип. 30 (44). С107-115. DOI 10.31473/2305-5987-2022-1-30(44)-11.

5. Кравчук В.І. Теоретичні основи адаптації сільськогосподарських машин. Національний аграрний університет: Київ, 2005. 208 с.

6. Сільськогосподарські машини: підручник / Д.Г. Войтюк, Л.В. Анісевич, В.В. Іщенко та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. Київ: «Агроосвіта», 2015. 679 с.

УДК 631

## **АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВННЯ КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО**

*Пилипенко І. І., Калнагуз О. М., Семерня О. В.  
Сумський національний аграрний університет*

Постановка проблеми. Кукурудза для України в останні роки була і залишається стратегічною культурою, яку вирощують практично у всіх регіонах, незалежно від кліматичних умов та розмірів господарств. Інколи вважають, що кукурудза досить проста у вирощуванні та невибаглива, але насправді для отримання високих і сталих врожаїв потрібно вміти її вирощувати і постійно вдосконалювати цей процес. Основний обробіток ґрунту під кукурудзу краще проводити одразу після збирання попередника. У будь-якому разі, чим раніше проведено основний обробіток ґрунту, тим краще [1]. У світовому зерновому портфоліо кукурудза посідає одну з лідируючих сходинок. Варто наголосити, що протягом останніх років урожайність зернової, порівнюючи з іншими культурами, в Україні досягла найвищого значення. Кукурудза має підвищені вимоги до вологості, тепла, світла, поживних речовин та інших факторів навколишнього середовища. Її гібриди значно відрізняються за вегетаційним періодом, тому й мають різні вимоги до даних показників. Обробіток ґрунту є одним з основних та витратних елементів технології вирощування кукурудзи. За його допомогою регулюється водний, температурний, поживний, повітряний режими та вологоємність, що набуває важливого значення в посушливих умовах. Основною помилкою вирощування кукурудзи на зерно може бути утворення дуже мілкої, вологої чи твердої поверхні, а також нестача пухкого

шару на десятисантиметровому рівні. Коли обробляють тільки поверхнево, рослини глибоко не укорінюються, відбувається менший розвиток головного кореня [2]. На сьогоднішній день в Україні можна виділити кілька систем підготовки ґрунту. Всі ці системи підготовки застосовуються в технологіях вирощування кукурудзи. 1. Традиційна на основі оранки. Ця система передбачає наступні заходи: Провокація проростання насіння бур'янів та падалиці, руйнування ґрунтових капілярів та підрізання бур'янів. Розпушування ґрунту на глибину 20-32 см з повним обертанням скиби. Повне заробляння рослинних решток на глибину 8-12 см. Підготовка рівномірного за глибиною насінневого ложа та дрібногрудкуватої структури посівного шару ґрунту. 2. Консервуюча на основі глибокого рихлення ґрунту. Ця система передбачає наступні заходи: Мульчування поверхні ґрунту подрібненими рослинними рештками. Рихлення верхнього шару з перемішуванням рослинних решток та безполицевим основним обробітком на глибину 25-40 см. Збереження до 50% рослинних решток на поверхні ґрунту. Повне підрізання бур'янів. 3. Мульчуюча на базі дрібного рихлення. Ця система передбачає наступні заходи: Мульчування поверхні ґрунту подрібненими рослинними рештками. Рихлення верхнього шару з перемішуванням рослинних решток, на глибину до 10 см. Збереження не менше 30% рослинних решток на поверхні ґрунту. Повне підрізання бур'янів. 4. З елементами mini-till на базі поверхневого рихлення на глибину загортання насіння. Ця система передбачає: Мульчування поверхні ґрунту подрібненими рослинними рештками. Максимальне збереження рослинних решток на поверхні ґрунту. Хімічне прополювання бур'янів. Поверхневий обробіток ґрунту на глибину загортання насіння [3].

Аналіз останніх досліджень. При визначенні системи чи способу обробітку ґрунту під кукурудзу необхідно враховувати тип ґрунту, погоднокліматичні умови, рельєф місцевості, попередники та ступінь забур'яненості поля. Окрім цього, кукурудза, як відомо, має розвинену кореневу систему, що розвивається рівномірно у всіх напрямках і локалізується в основному у шарі ґрунту 30–60 см, тому потребує за можливості глибокого обробітку ґрунту.

В Степу і в районах нестійкого та недостатнього зволоження Лісостепу головним завданням основного обробітку є створення умов для максимального накопичення і збереження вологи в ґрунті та знищення бур'янів. У цих зонах кукурудзу на зерно розміщують насамперед після озимих по чистих і зайнятих парах, зернобобових, а також після просапних культур. Строки і технологія обробітку ґрунту визначається також часом збирання попередника [4] Основний обробіток ґрунту займає особливе місце у боротьбі з багаторічними бур'янами. Ретельне двох-трьохразове різноглибинне дискування і лемішне лущення, високоякісна оранка, а також своєчасна предпосівна культивуація забезпечують знищення корінних бур'янів до 70% і до 40% - однорічних.

Після кукурудзи або інших високостеблових культур важкими дисковими боронами або дисковими луцильниками у двох напрямках подрібнюють стеблові та кореневі залишки, після чого обробляють ґрунт плугами з предплужниками.

Весняне вирівнювання ґрунту проводять вирівнювачем (планувальником) протягом одног-двох днів після настання фізичної стиглості ґрунту. Якщо ґрунт слабоструктурний(запливаючий), то в таких випадках для якісного вирівнювання використовують важкі борони типу БЗТС-1,0.

Предпосівну обробку виконують комбінованими ґрунтообробними знаряддями на глибину загортання насіння.

Мета досліджень. Восконалення енергоефективності та якості обробітку ґрунту технології вирощування кукурудзи на зерно.

Результати досліджень. По-перше всі види обробітку ґрунту є затратні стосовно палива, та зношування деталей. За ці показники відповідає структура ґрунту та кліматичні умови, а також попередник.

По-друге для різної кліматичної зони та різних видів ґрунту технологія обробітку ґрунту та знаряддя має відрізнятися за для якості та економічності процесів. Після проходку збирання попередника робимо лущення стерні та якщо необхідно глибоке розпушення (або оранка в залежності від властивостей та структури ґрунту).

Висновки. Кукурудза – культура високої продуктивності та різностороннього застосування. Основна структурна речовина цієї культури – крохмаль. З зерна кукурудзи отримують борошно, крупу, пластівці, консерви, крохмаль, спирт та багато інших корисних речовин. Проте ця культура має свої вимоги до факторів зовнішнього середовища. Мінімальна температура проростання насіння – 8-10°C проте при такій температурі насіння проростає повільно. Кукурудза економно використовує вологу, транспіраційний коефіцієнт становить 230-250. Проте на одиницю площі кукурудза через більш високих врожаїв споживає більше води, ніж інші зернові культури.

Отже кукурудза – культура яка має безліч вимог до різних факторів, але незважаючи на це займає одне з передових місць у світі.

#### Список використаних джерел

1. Басанець О. Вирощування кукурудзи [Електронний ресурс] Головний сайт агронома. SuperAgronom.com. 2020. Режим доступу до ресурсу: <https://superagronom.com/articles/367-viroshchuvannya-kukurudzi-rovna-tehnologiya>.
2. Технологія вирощування кукурудзи на зерно [Електронний ресурс]. Бізон-Тех. Статті. Поради сільгоспвиробникам. 2020. Режим доступу до ресурсу: <https://bizontech.ua/blog/tehnologiya-viroshchuvannya-kukurudzi-na-zerno>.

3. Кришко М. Обробіток ґрунту під кукурудзу: поради фахівця [Електронний ресурс]. Головний сайт агронома. SuperAgronom.com. 2020. Режим доступу до ресурсу: <https://superagronom.com/articles/392-obrobitok-gruntu-pid-kukurudzu-poradi-fahivtsya>.

4. Циліорик О. Обробіток ґрунту під кукурудзу. [Електронний ресурс]. Агробізнес Сьогодні. Механізація АПК. 2016. Режим доступу до ресурсу: <http://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/656-obrobitok-gruntu-pid-kukurudzu.html>.

УДК 631

## ДОСЛІДЖЕННЯ РУХУ КРИВОЛІНІЙНОГО РУХУ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТУ

*Калнагуз О. М., Семерня О. В., Сіренко Ю. В.  
Сумський національний аграрний університет*

Постановка проблеми. Трактори при виконанні сільськогосподарських і транспортних робіт рухаються по прямолінійній або криволінійній траєкторії, кривизна якої безперервно змінюється. Машино-тракторний агрегат (МТА) під час роботи проходить шлях довжиною багато десятків кілометрів. Цей шлях складається з робочих циклів, які часто мають криволінійний характер, і холостих поворотів. Важливо, щоб холостий шлях агрегату був якомога меншим і економічним. Невірно виконані повороти збільшують ширину поворотних смуг, значно збільшуючи холостий хід агрегату навісного обладнання і трактора, що негативно позначається на його ефективності. Як слідство, маємо не використану земельну площу, ущільнену і понівечену землю. Фактично це втрати плідної землі. Основна задача кінематики і динаміки руху агрегату як раз і полягає у виборі способу руху МТА, при якому будуть виконуватися такі вимоги як висока якість роботи, висока продуктивність при можливо найменших витратах палива та інших ресурсів на одиницю виконаної роботи, безпечна робота механізаторів, найменший негативний вплив на оточуюче середовище [1]. Збільшення швидкості руху МТА призводить до суттєвих змін його експлуатаційних властивостей, які в свій час впливають на керованість та стійкість під час криволінійного руху на поворотних смугах. Дослідження показують що шлях який агрегат проходить на поворотній смузі становить майже 12% від загального шляху. Що в свою чергу негативно впливає на ґрунт, що за собою веде до зниження врожайності, ущільненню ґрунту та інших негативних факторів. Криволінійний рух на розворотній смузі, є найбільш складним елементом



кінематики агрегату, оскільки окремі його точки рухаються з різною швидкістю та описують різні траєкторії. Колісний МТА не може миттєво перейти від прямолінійного руху до руху по дузі кола (зокрема, не може здійснювати поворот на деформованому ґрунті з мінімально допустимим радіусом) та від руху дугою кола до прямолінійного руху [2]. В роботі [3] запропоновано формули для співвідношень між кутами поворотів передніх та задніх керованих коліс, середніми кутами повороту коліс мостів трактора. Розрахунки формул здійснено різними способами, розрахунки якими дають ідентичні результати, що дозволяє зробити висновок про коректність отриманих залежностей. Встановлено взаємозв'язок між початковими відомими конструктивними та експлуатаційними характеристиками для визначення кінематичних параметрів криволінійного руху колісного трактора. Аналізуючи роботу 4, можна відзначити наступне: при криволінійному русі трактора основними параметрами, що визначають поворот машини, є база трактора, середній кут повороту керованих коліс та кути бічного уведення передньої та задньої осі. Причому необхідно відзначити, що значення кутів бокового відведення передньої та задньої осі трактора та їх зміна істотно впливатимуть на кінематику повороту машини. Саме наявність бічного відведення є основною причиною значних відхилень від заданої траєкторії руху машинно-тракторного агрегату на повороті. Їх вплив позначатиметься більшою мірою в умовах руху машинно-тракторного агрегату по нестабільних ґрунтах: у ранньовесняний період, у період перезволоження ґрунту тощо. Крім того, бічний відхід і є тим самим параметром, який відображає вплив на машину зовнішніх силових факторів, що супроводжують криволінійний рух.

Аналіз останніх досліджень. Дослідженнями характеристик криволінійного руху тракторів та удосконаленню методів розрахунку займались: Атаманов Ю.В., Балашов А.В. Валюженич Р.М., Ванцевич В.В., Голованов А.В., Гуськов В.В., О.М. Зазуля, Гячев Л.В., Зенькович О.О., Іофінов С.О., Красільников В.Є., Кринко М.С., Лефаров О.Х., Полетаєв А.Д., Трояновська І.П., Скойбеда А.Т., Євієв В.А., Ярмашевич В.В., Беляєв О.М. а також багато інших науковців. Більшість досліджень проводились океремотенергетичний засіб без сільськогосподарської машини та на малих швидкостях. Дослідження показали що застосування спереди та сзади навісного обладнання впливає як на кінематику так і динаміку повороту.

Перші дослідження, як теоретичні так і експериментальні, криволінійного руху чотирьохколісної машини положили вчені: Жуковський Н.Є. (розроблені вперше основи теорії повороту машини с задніми ведучими колесами), Чудаков Є.А. (висвітлені вперше питання пов'язані з керованістю багато привідного автомобіля, та його бокове ведення), Познер Я.М., Михайлова В.Г., Смирнов Г.А. також французькі вчені Дж Брульє, І.Рокара та інші науковці.

Криволінійний рух тракторів з колісною формулою 4К4 описаний в працях науковців: Ю.В. Атаманов, О.О. Зенькович, М.С. Кринко, А.Д.Полетаєв, І.П. Трояновська, Ю.І. Ярмашевич, В.В. Яцкевич та інші.

В роботі [6] наведені теоретичні залежності траєкторії руху трактора, які враховують вплив переднього ведучого моста на параметри криволінійного руху агрегату. Розрахунки показують що маса трактора та розподіл її по осям впливають на поворот трактора.

Мета досліджень. Дослідження механіко-технологічних властивостей ґрунту та зниження його ущільнення рушіями тракторів під час руху по полю та поворотних смугах. Підвищення ефективності використання МТА при виконанні сільськогосподарських робіт.

Результати досліджень. Під час виконання технологічних операцій на полі під час вирощування сільськогосподарських культур агрегат незалежно від циклу роботи, від передпосівного обробітку до збирання сільськогосподарської культури, енергетичний засіб в агрегуванні з різними с.-г знаряддями проходить своїми рушіями по полю майже 12 разів. Тому і ущільнення поля відбувається максимальне. Таке відношення до ґрунту призводить до різного роду ерозії. Дослідження показали що найбільше ущільнення ґрунту відбувається саме на поворотних смугах. Так накопичення такого ущільнюючого шару може призвести до втрати врожаю зернових на 12...15%, а на поворотних смугах втрати врожаю склали близько 50%.

Висновки. В світа все більше набувають попиту на трактора з усіма керованими колесами, та як правило з однаковими розмірами. Проведений аналіз наукових робіт, криволінійного руху колісних машин, показав що стійкість та керованість є головними експлуатаційними властивостями МТА. Від яких залежить продуктивність та своєчасне і якісне виконання сільськогосподарських робіт.

Список використаних джерел

1. Сіренко Ю.В. Отримання траєкторії повороту експериментальним шляхом [Електронний ресурс] / Ю.В. Сіренко, О.М. Калнагуз // Технічне забезпечення інноваційних технологій в АПК: матеріали I Міжнар. наук.-практ. конференції молодих учених, (м. Мелітополь, 01-26 лютого 2021 р.) / ред. кол. В.М. Кюрчев [та ін.]. Мелітополь: ТДАТУ, 2021. С. 213

УДК 631.3-77

## **УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ КРИТЕРІЇВ ВИРОБНИЧОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ**

*Бантковський В. А.*

*Державний біотехнологічний університет*

*Лузан С. О.*

*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»*

Постановка проблеми. Суттєво оновлюючийся світовий ринок, як універсальних, так і спеціалізованих машин, а також технологічного обладнання вносить принципові корективи в забезпечення процесу аграрного виробництва новою високопродуктивною, багатофункціональною та екологічно безпечною сільськогосподарською технікою. Обсяги виробництва нової техніки і надходження її на ринок визначаються платоспроможним попитом споживача. Попит враховується фірмами-виробниками техніки.

Проблема вибору, що виникає при відновленні основних засобів виробництва, є однією з найвідповідальніших організаційно-технологічних задач, яка вимагає грамотного, найбільш прийняттого інженерного рішення. Доцільність такого інженерного рішення яке пов'язане, як правило, зі значними матеріально-грошовими витратами, повинна бути всебічно техніко-економічно обгрунтована. Критерієм ефективності інженерного рішення, щодо придбання нової техніки є мінімум приведених витрат. Краще інженерне рішення забезпечує найменшу суму приведених витрат [1].

Техніко-економічне оцінювання нової сільськогосподарської техніки виконують з метою визначення її економічної ефективності порівняно з технікою, яку замінюють, а також виявлення впливу її використання, на фактичні результати виробництва.

Аналіз останніх досліджень. Критерієм економічного оцінювання нової техніки є річний економічний ефект від її використання (експлуатації). Величина річного економічного ефекту повинна забезпечувати рівень ефективності не нижче нормативного. Рівень нормативної ефективності інвестиційних вкладень визначають коефіцієнтом їх ефективності. Коефіцієнт ефективності інвестиційних вкладень визначають ставкою пільгового кредиту Національного банку України виробникам сільськогосподарської продукції (на етапі випробовування приймають рівним 0,2). На етапі випробовування за базу для порівняння приймають показники техніки, яку замінюють (аналоги), а також найефективніші за

критеріальним показником вітчизняні та зарубіжні технічні засоби, що є на ринку [2].

Однак, при проведенні порівняльного аналізу двох і більше варіантів вирішення інженерної задачі, пов'язаної з придбанням нової техніки, показники що базуються на наведених витратах можуть бути однаковими. Використовувані методи оцінки існуючих зразків техніки не враховують той факт, що частина наведених по машині витрат не залежить від виконаного нею обсягу робіт.

**Мета досліджень.** Економія коштів за допомогою нової машини може бути отримана як за рахунок підвищення продуктивності, більшої надійності, так і в результаті економії в поточних витратах і більш низькою амортизацією. Для того щоб зрозуміти який ефект приносить нова машина, необхідно проаналізувати витрати за більш достовірною схемою. Метою досліджень є удосконалення критеріїв виробничої ефективності нової сільськогосподарської техніки.

**Результати досліджень.** З метою оптимізації поставленої проблеми необхідно витрати на механізацію виробництва в цілому або на виконання конкретної механізованої технологічної операції розподілити на постійні та змінні.

До постійних витрат слід віднести відсотки за інвестиційними витратами, витрати на зберігання машини, витрати на страхування і амортизацію. Постійні витрати не залежать від інтенсивності використання машини і виконаного обсягу робіт, а змінні витрати безпосередньо залежать від того, скільки машина використовувалася і який обсяг робіт виконаний. Доцільно всі витрати розраховувати на річний обсяг роботи і на одиницю обсягу робіт [3].

Відсотки на вкладений капітал визначаються множенням середніх інвестиційних вкладень на поточне конкретне значення банківського відсотка. Середнє значення інвестицій по новій техніці є різницею ціни нової машини і її залишкової вартості на момент списання поділена на 2.

Витрати на зберігання необхідно розраховувати у відсотках від вартості нової машини, а саму норму витрат встановлювати в залежності від кліматичних умов. При встановленні норм витрат на зберігання необхідно враховувати те, що технологічно правильне зберігання може значно збільшити термін служби нової техніки і зменшити витрати як на її ремонт, так і на технічне обслуговування [4]

Витрати на страхування техніки - це оплата страхової (можливої) компенсації втрати машини у разі стихійного лиха, пожежі, ДТП і т.п. Вартість страховки, як правило, встановлюється у відсотках від інвестиційних витрат на нову техніку. При визначенні витрат на амортизацію нової техніки передбачається рівномірний їх розподіл на весь термін використання техніки (середньорічний показник). Якщо передбачається, що машина буде використовуватися до неповного зносу, то необхідно враховувати проміжну

залишкову вартість і, відповідно, іншу кількість років використання. Таким чином сума річних постійних витрат включає витрати грошових коштів власника нової техніки, які він здійснює, навіть якщо техніка не використовується (простоює).

Для господарств, які не мають достатньо своїх коштів і не можуть отримати їх у комерційній банківській установі під прийнятний відсоток, може бути доцільним придбання машини на умовах лізингу. Умови лізингу вважаються прийнятними, якщо плата за нього не набагато відрізняється від плати за банківський кредит.

При придбанні машини необхідно з'ясувати існуючі гарантії забезпечення працездатності машини протягом усього терміну її служби, хто конкретно зможе усунути можливі поломки і за чий рахунок. Необхідно також з'ясувати умови поставки необхідних запасних частин. Гарантований технічний сервіс часто дозволяє прийняти інженерне рішення на користь тих машин, які навіть поступаються за іншими показниками.

Перевага в продуктивності, надійності і якості роботи, інші високі технічні показники найбільш досконалих зерно-, кормозбиральних комбайнів та оприскувачів західних фірм можуть бути повністю використані, і їх висока ціна виправдана, коли ці машини використовуються в складі спеціалізованих підприємств типу машино-технологічної станції (МТС), механізованого загону та інших аналогічних технологічно-обслуговуючих фірм, які не прив'язані постійно до конкретних будь-яких сільгосппідприємств, а працюють в різних господарствах і регіонах. В такому випадку річний виробіток буде значно вище, ніж в одному конкретному господарстві, і завдяки цьому збільшується економічний ефект від застосування дорогих машин.

Висновок. При проведенні порівняльного аналізу ефективності декількох моделей (зразків) машин, показники які базуються на наведених витратах для них можуть бути однаковими. Постійні витрати не залежать від інтенсивності використання машини і виконаного обсягу робіт. Часто використовувані методи оцінки нових зразків машин не враховують, те що частина наведених по машині витрат не залежать від виконаного нею обсягу робіт. Доцільно всі витрати по машині розраховувати як на одиницю обсягу робіт так і на річний обсяг роботи. Запропонована удосконалена система критеріїв техніко-економічного оцінювання машин дозволяє досить об'єктивно оцінити і порівняти альтернативні зразки машин, а також провести позитивні якісні та кількісні зміни в системах машин що використовуються в агропромисловому виробництві.

Список використаних джерел

1. Організаційні форми технічного сервісу та прогноз їх розвитку в ринкових умовах господарювання в агропромисловому комплексі України. Рекомендації. М.В. Молодик, А.М. Моргун, Л.І. Шаповал та ін. Київ: ННЦ ІМЕСГ, ХДТУСГ, 2005. 172 с.

2. Кубіч В. І. Питання експлуатації машин в законодавчих та нормативних актах. Автомобілі і трактори: навчальний посібник / В. І. Кубіч, О.М. Коробочка, О. Г. Чернета. Кам'янське : ДДТУ, ЗНТУ, 2018. – 230 с.

3. Економіка підприємства: навчальний посіб. для студентів закл. вищ. освіти / Н.М. Колпаченко, Ю.А. Сайчук, В.К. Аветісян, В.А. Бантковський, В.Л. Маніло. Харків: Діса плюс, 2019. – 277с.

4. Оптимізація виробництва в машинобудуванні: навчальний посіб. для студентів закл. вищ. освіти. Н.М. Колпаченко, Ю.А. Сайчук, В.К. Аветісян, В.А. Бантковський, В.Л. Маніло. Харків: Діса плюс, 2020. 250 с.

УДК 631.3-192

## **ВИЗНАЧЕННЯ ІМОВІРНІСНО-ОБГРУНТОВАНОГО КОЕФІЦІЄНТУ ЗАПАСУ ПРУЖНИХ СТІОК КУЛЬТИВАТОРА МЕТОДОМ ІНВЕРСІЇ**

*Алфьоров О. І.*

*Сумський національний аграрний університет*

До раптових механічних відмов мобільної техніки зазвичай відносять різні види об'ємного і поверхневого руйнування, що призводять до втрати працездатності, наприклад, раптове квазістатичне руйнування або залишкова деформація, обумовлені екстремальними навантаженнями. Особливу увагу слід приділяти раптовим механічним відмовам тому, що їх виникнення практично неможливо діагностувати і відповідно передбачати моменти відмов. Це може негативно впливати на конкурентоспроможність техніки. Тому під час проектування необхідно таким чином обирати конструктивні і технологічні параметри, щоб вони забезпечували достатній рівень його безвідмовності, що гарантується впродовж заданого періоду експлуатації.

В роботах [1, 2] розроблені стохастичні моделі, використання яких дозволяє прогнозувати зміну імовірності безвідмовної роботи в залежності від наробітку у випадку раптових механічних відмов. Виконувати прогнозування надійності можливо, якщо відомі певні характеристики механічної навантаженості об'єкту, що розробляється. Період проектування зазвичай достатньо обмежений у часі і тому заздалегідь отримати у достатньому обсязі експериментальні дані щодо екстремальних навантажень в експлуатації, які були б вірогідними у статистичному аспекті, практично неможливо. Залишається використовувати розрахункові методи

динамічного аналізу напружено-деформованого стану або методи експертного узагальнення досвіду експлуатації виробів, які є конструктивними аналогами об'єкту, що проектується. Кожний з цих шляхів має певні недоліки. Перспективним напрямком удосконалення інженерного прогнозування та забезпечення механічної надійності є використання інверсійного методу та інвертуємих стохастичних моделей надійності [3 - 5]. Моделі, що наведені у [1, 2], цілком відповідають вимогам, яким повинні задовольняти інвертуємі моделі механічної надійності. Статистичне оцінювання залежності імовірності безвідмовної роботи від наробітку у випадку механічних відмов зазвичай виконується за цензурованими вибірками даних, які складаються з наробітків до відмови та наробітків до припинення випробувань у виробів, що не відмовляли [6].

В основі загальної концепції застосування інверсійного методу лежить підхід компенсації нестачі експериментальної інформації щодо можливої експлуатаційної навантаженості об'єкту, що проектується, доцільно, базуючись на статистичних даних відносно механічної надійності подібних до проектуємого за конструкцією та умовами використання виробів-аналогів, які мають достатньо великий наробіток в умовах реальної експлуатації.

Такий інверсійний підхід було реалізовано при дослідженні культиваторів, які виконують передпосівний та загальний обробіток ґрунту стрілочастими лапами, що закріплені до рами культиватору за допомогою С-подібних пружних стійок. Такі стійки, деформуючись, призводять до автоколивального руху робочих органів, що у порівнянні з жорстким закріпленням має суттєві переваги, підвищуючи якість обробки ґрунту за рахунок додаткової динамічності [7]. Однак практика використання культиваторів у виробничих умовах виявила і негативні наслідки збільшення динамічності робочих органів. Насамперед підвищена гнучкість стійок, яка є необхідною умовою виникнення стаціонарних автоколивань з достатньо великою амплітудою, призводить іноді до раптових руйнувань стійок, обумовлених випадково виникаючими ущільненнями ґрунту або засміченістю ділянки, що обробляли.

Отримано експлуатаційні данні щодо раптових відмов культиваторів з пружними С-подібними стійками, на яких закріплені стрілочаті лапи. Експлуатаційні випробування за обсягом є статистично репрезентативними і проводились в 7 областях України, а саме у Харківській, Сумській, Донецькій, Дніпропетровській, Полтавській, Запорізькій та Одеській, що охоплюють різноманітні ґрунтово-кліматичні умови: механічні властивості ґрунту, щільність, вологість і таке ін. В усіх випадках руйнування стійок мав місце раптовий злам. Наробіток до раптових відмов фіксувався у гектарах обробленої площі.

Загалом спостереження за експлуатацією пружних стійок проводились на 13 культиваторах. Напрацювання агрегатів складало від

одного до сорока тисяч гектарів обробленої площі. Було зафіксовано 42 раптові відмови: злам стійок. За час спостережень сумарний наробіток культиваторів склав більш ніж 280 тис. га. Враховуючи кількість пружних стійок на кожному культиваторі обсягом випробувань слід вважати роботу 260 стійок до першої відмови або до призупинення випробувань, які утворюють багаторазово цензуровану за наробітком вибірку статистичних даних.

Дані, отримані за результатами статистичного аналізу надійності пружних стійок, дозволяють використати інверсійний метод керування надійністю [3, 7]. Реалізація цього методу можлива тоді, коли побудована репрезентативна статистична модель надійності, отримана в умовах експлуатації досліджуваного об'єкту. Побудова такої моделі дозволяє додатково використати теоретичну модель надійності у випадку раптових відмов [3, 7].

Оскільки екстремальні навантаження відносяться до рідкісних випадкових подій, то прогнозування показників надійності в залежності від напружування доцільно проводити у припущенні, що випадковий потік екстремальних навантажень є пуасонівським [5].

Якщо потік екстремальних навантажень є стаціонарний з постійною інтенсивністю  $\omega_0 = 1/T_0$  (де  $T_0$  – середній період між випадковими навантаженнями), то ймовірність безвідмовної роботи визначається виразами [1, 2]

$$R(t) = \int_0^1 e^{-\omega_0 t [1 - F_1(G)]} dG = \int_0^1 e^{-\omega_0 (t)(1-F)} g_1(F) dF. \quad (1)$$

Вхідна в (1) функція одиничного розподілу навантаження  $F_1(G)$  залежить як від виду розподілів навантаження і несучої здатності, так і від величини їх параметрів [1, 2].

На рис. 1 показані графіки ймовірності безвідмовної роботи залежно від безрозмірного напружування  $\tau = \omega_0 t$ . Криві на рис. 1 побудовані за допомогою загального виразу (1) при  $F_1(G) = 1 - (1 - G)^{\bar{K}^b}$ , що відповідає розподілу Вейбулла для навантаження і несучої здатності. При цьому  $b = 12,15$  (коефіцієнт варіації навантаження і несучої здатності  $V = 0,1$ ).

Емпіричну залежність ймовірності безвідмовної роботи пружної стійки культиватора  $R_i$  відображаємо на графіку у відповідних координатах (рис. 1, крива 1). Це дозволяє визначити наближене значення параметру навантажувальності -  $\omega_n = 0,00161$ , що відповідає середньому періоду між випадковими навантаженнями  $T_n = 625$  Га. Відповідне середнє значення наближеного коефіцієнту запасу  $\bar{K}_n = 1,22$ . Це дозволяє визначити наближену теоретичну залежність ймовірності безвідмовної роботи  $R(t)$ .

Реалізація інверсійного методу у сукупності з побудованими моделями прогнозування ймовірності безвідмовної роботи в залежності від



наробітку та коефіцієнту запасу [1-3] (рис. 1, крива 2) дає виробнику очевидну можливість ефективного управління надійністю за допомогою зміни коефіцієнтів запасу за середніми  $\bar{K}$ , що призведе до стабілізації рівня безвідмовності елементів за рахунок збільшення коефіцієнтів запасу і відповідного зменшення впливу напрацювання на ймовірність безвідмовної роботи.

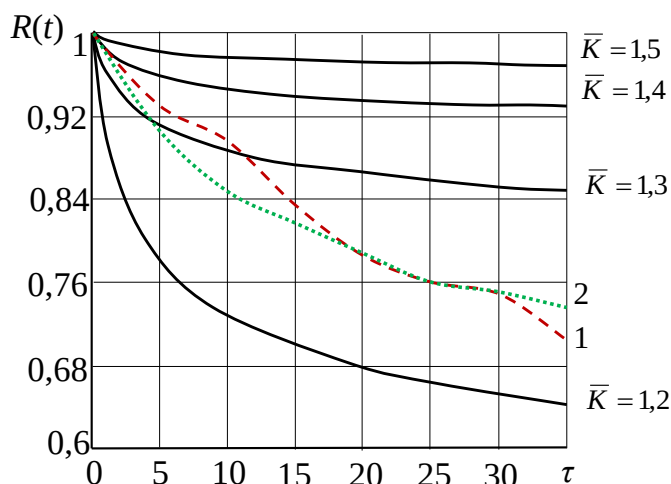


Рис. 1. Графіки кривих зміни ймовірності безвідмовної роботи в залежності від напрацювання і коефіцієнту запасу.

#### Список використаних джерел

1. Grynchenko O., Alfeyorov O. (2020) Mechanical Reliability. Prediction and Management Under Extreme Load Conditions. Springer Nature Switzerland AG,. 125 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-41564-8>.
2. Гринченко А.С., Алфєров А.И. (2017) Основы прогнозирования и управления надежностью в условиях экстремальных нагрузок. Харьков ТОВ «Планета - Принт» 136 с.
3. Alfeyorov O, Grynchenko O, Ponomarenko V, Shchur T, Tomporowski A, Kruszelnicka W, Walichnowska P. Agricultural Equipment Design Optimization Based on the Inversion Method. *Agriculture*. 2022; 12(9):1410. <https://doi.org/10.3390/agriculture12091410>.
4. Wan L, Chen H, Ouyang L, Chen Y (2020) A new ensemble modeling approach for reliability-based design optimization of flexure-based bridge-type amplification mechanisms. *Int J. Adv. Manuf. Technol.* 106 (1–2):47–63. DOI 10.1007/s00170-019-04506-3.
5. Гринченко А.С., Алфєров А.И. (2017) Прогнозирование надежности элементов машин при случайном пуассоновском потоке экстремальных нагружений. Научный журнал «Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів». 7, 141-148.
6. Гринченко О.С., Алфєров О.І., Юр'єва Г.П. (2018) Прогнозування та керування механічною надійністю за допомогою інверсійного методу.

Науковий журнал «Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів» 12, 210-213.

7. Гринченко А. С., Алферов А. И. (2015) Теоретические модели функционирования и обеспечения механической надежности культиваторов с подпружиненными рабочими органами Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин : загальнодерж. міжвідомчий наук.-техн. збірник Кіровоград. нац. техн. ун-ту. Кіровоград: КНТУ, 2015. № 45. Т. 2. С. 205-211.

УДК 631.3.06: 631.95

## ІННОВАЦІЙНИЙ ПІДХІД ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ РОБОТИ МОБІЛЬНОЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

*Мітков В. Б.*

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

Пересувні енергетичні засоби є одним із основних джерел негативного техногенного впливу на навколишнє середовище. Основними шкідливими факторами є: продукти згоряння дизельного палива, витіки експлуатаційних мастильно-охолоджуючих рідин, механічне ущільнення і руйнування ґрунту, акустичний вплив, вібрація тощо.

Метою дослідження є: підвищення інформативності методики оцінювання технологічних властивостей мобільної сільськогосподарської техніки шляхом врахування узагальненого показника їх екологічних властивостей.

У класичній теорії функціонування машинно-тракторного парку показник «екологічності комплексу машин» визначається показниками екологічності: енергоємність, ущільнення ґрунту, вилучення гумусу, забруднення навколишнього середовища [1].

В літературі [2], наприклад, рекомендовано більш досконалу нову методику визначення узагальненого «коефіцієнта екологічної безпеки» ( $G_{Fes}$ ) за впливом роботи машинно-тракторного агрегату на навколишнє середовище, який представлено у вигляді відносного коефіцієнта погіршення суми екологічних параметрів роботи останніх, віднесених до їх нормативних значень [3]:

$$G_{Fes} = K_{U_i} \cdot U_{ki} / U_i + K_F \cdot F_{ki} / F_i + SK_{Ti} + K_N \cdot N_{ki} / N_i + K_{CO} \cdot g_{COki} / g_{COi} + \\ + K_{CH} \cdot g_{CHki} / g_{CHi} + K_{NOx} \cdot g_{NOxki} / g_{NOxi} + K_{L1} \cdot L_{1k} / L_1 + K_{L2} \cdot L_{2k} / L_2 + \\ + K_{L3} \cdot L_{3k} / L_3 + K_N \cdot N_{Kx,x} / N_{x,x} + K_{CO} \cdot g_{COKx,x} / g_{COx,x} + K_{CH} \cdot g_{CHKx,x} / g_{CHx,x} + K_{отх}, \quad (1)$$

При оцінці екологічних властивостей мобільних енергетичних засобів варто враховувати результати останніх наукових досліджень. Залежність від розрахунку технологічного рівня мобільної с.г. техніки з урахуванням його екологічних властивостей матиме вигляд:

$$P_T = S_{U_T} \cdot U_T + S_{A_T} \cdot A_T + S_{W_T} \cdot W_T + S_{C_T} \cdot C_T + S_{E_T} \cdot E_T, \quad (2)$$

де  $U_T$ ,  $A_T$ ,  $W_T$ ,  $C_T$ ,  $E_T$  – узагальнені показники за технологічною універсальністю, урожайністю, агротехнічними властивостями, собівартістю виконання технологічних операцій, екологічними властивостями;

$S_U$ ,  $S_A$ ,  $S_W$ ,  $S_C$ ,  $S_E$  – вагові коефіцієнти відповідних узагальнених показників технологічних властивостей пересувного електроінструменту.

Структура показника екологічних властивостей  $E_T$  залежить від призначення оцінюваного джерела енергії та мети розв'язуваної задачі. На нашу думку, при порівняльній оцінці енергетичних ресурсів як одиниці можна прийняти такі показники їх екологічних властивостей:  $K_{qeg}$  – якість вихлопних газів;  $K_{pol}$  – забруднення робочими рідинами;  $K_{mds}$  – механічне руйнування ґрунту;  $K_n$  – шум;  $K_v$  – вібрація;  $K_{cs}$  – ущільнення ґрунту;  $K_{so}$  – вагомість технологічних відходів. Тоді для мобільної с.г. техніки показник екологічних властивостей  $E_T$  в узагальненому вигляді можна виразити у сумі добутків вагових коефіцієнтів  $S_i$  окремих узагальнених показників на їх відносні значення:

$$E_T = S_{Kqeg} \cdot K_{qeg} + S_{Kpol} \cdot K_{pol} + S_{Kmds} \cdot K_{mds} + S_{Kn} \cdot K_n + S_{Kv} \cdot K_v + S_{Kcs} \cdot K_{cs} + S_{Kso} \cdot K_{so}, \quad (3)$$

де  $S_{Kqeg}$ ,  $S_{Kpol}$ ,  $S_{Kmds}$ ,  $S_{Kn}$ ,  $S_{Kv}$ ,  $S_{Kso}$  – коефіцієнти важливості окремих відносних показників екологічних властивостей.

Узагальнені одиничні значення згідно з рівнянням (3) не пов'язані між собою або з  $E_T$  жодною аналітичною чи емпіричною залежністю. Завдання – знайти таку залежність. Найбільш доцільним методом вирішення цієї проблеми є метод ранжування окремих показників шляхом опитування експертів [1, 4].

У нашому випадку для рейтингу еколого-технологічних властивостей було відібрано 10 експертів – вчених і спеціалістів у галузі механізації сільського господарства, агрономії, екології та навколишнього середовища. У результаті їх опитування щодо значущості окремих показників еколого-технологічних властивостей мобільної с.г. техніки визначено ранги самих показників. Причому найвищий ранг відповідає показникам найвищої значущості, нижчий, відповідно, – найменш значущі.

Оцінку узгодженості показників, отриманих від експертів, проводили за допомогою коефіцієнта конкордації  $W$  [2, 3]. Перевірку значущості коефіцієнта конкордації  $W$  проводили за допомогою критерію  $\chi^2$ -Пірсона [2].

За результатами експертного опитування визначено вагові коефіцієнти окремих показників еколого-технологічних властивостей мобільних енергопродуктів за рівнянням [4]:

$$S_i = \frac{1 - \frac{t_k - 1}{n}}{\sum_{i=1}^n (1 - \frac{t_k - 1}{n})}, \quad (4)$$

де  $t_k$  - підсумковий ранг окремого показника еколого-технологічних властивостей;

$n$  - загальна кількість окремих показників.

Результати опитування показують, що на узагальнений показник екологічних властивостей мобільного енергетичного об'єкта найбільше впливають індекс ущільнення ґрунту  $K_{cs}$ , потім механічне руйнування ґрунту  $K_{mds}$ , склад вихлопних газів  $K_{qeg}$ , забруднення експлуатаційного об'єкта. рідини,  $K_{pol}$  шум  $K_n$ , вібрація  $K_v$  і найменший ефект - вагомість технологічних відходів  $K_{so}$ .

Показник екологічних властивостей мобільної с.г. техніки за формулою (3) в результаті опитування експертів набуде вигляду:

$$E_T = 0,25 K_{cs} + 0,22 K_{mds} + 0,18 K_{qeg} + 0,14 K_{pol} + 0,11 K_n + 0,07 K_v + 0,03 K_{so}.$$

На думку експертів, найбільше значення має показник технологічної універсальності  $U_T$ , потім агротехнічні властивості  $A_T$ , продуктивність  $W_T$ , екологічність  $E_T$  і найменший вплив має показник витрат на технологічний процес  $C_T$ . А рівняння для розрахунку технічного рівня мобільної с.г. техніки за формулою (1) в результаті експертного опитування набуде вигляду:

$$P_T = 0,33U_T + 0,27A_T + 0,2W_T + 0,13E_T + 0,07 C_T$$

Отриманий результат показує, що на сьогодні більш актуальною є оцінка техногенного впливу мобільного енергетичного об'єкта на навколишнє середовище, ніж вартість одиниці роботи його впровадження. І з таким висновком не можна не погодитися, оскільки нехтування впливом на навколишнє середовище в найближчому майбутньому може звести нанівець економічний прибуток від виробництва сільськогосподарської продукції.

В результаті аналізу встановлено, що вартість цієї властивості, за оцінками експертів, менша за технологічну універсальність, продуктивність, агротехнічну якість, але вища за вартість виконаної операції. Врахування показника екологічних властивостей мобільної с.г. техніки дозволяє прийняти найбільш об'єктивне рішення щодо доцільності впровадження його у виробництво, ефективності його використання та технологічності того чи іншого технологічного процесу.

Оцінка важливості окремих показників для узагальненого показника екологічних властивостей мобільної с.г. техніки за результатами

опитування експертів показала, що найбільший вплив має показник ущільнення ґрунту, потім механічного руйнування ґрунту, складу відпрацьованих газів, забруднення робочих рідин, шуму, вібрації та найменших ударів – це компонуюча схема електроінструмента.

Список використаних джерел

1. Handbook of machine use in agriculture / V.I. Pastukhov, A.G. Chigrin, P.A. Jolos ta in. Kharkov: "Vesta", 2001. 347 p.

2. Мітков В.Б. Розробка науково-методологічних основ комплексної оцінки впливу машинно-тракторних агрегатів на стан забруднення навколишнього середовища. *Екологічні науки*, Київ, 2016, № 12-13. С. 122-127.

3. Mitkov, V.; Kuvachov, V.; Chorna, T. Accounting indicator of the ecological properties of mobile power tools in the method of determining its technology level. *Scientific Bulletin of TSATU*, 2016, 6, vol. 3, 33-40. URL: <http://elar.tsatu.edu.ua/handle/123456789/4038>

4. Mitkov V., Beloev H. Methodology of evaluation of environmental and technological properties of the mobile energy machine. *Mechanization in agriculture & Conserving of the resources*, Vol. 64 (2018), Issue 4, pg(s) 114-116.

УДК 629.734.7:631.348

## **ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ БПЛА AGRAS НА ОБПРИСКУВАННІ**

*Холодюк О. В.*

*Вінницький національний аграрний університет*

Агротехнічні операції по обприскуванню сільськогосподарських культур від хвороб та шкідників є важливою частиною практично в будь-якій агротехнології. Вони складають суттєву частину собівартості всієї агротехнології та, як наслідок, - собівартість кінцевої одержаної продукції. Застосування безпілотних літальних апаратів (БПЛА) в сільському господарстві має величезний потенціал і з кожним роком інтерес до їх використання зростає в першу чергу при реалізації завдань точного землеробства.

Ефективність застосування агродронів у сільському господарстві при обприскуванні залежить від їх продуктивності, тобто від обсягу виконаної роботи за одиницю часу (га/год). Продуктивність є однією із найважливіших техніко-експлуатаційних показників, яка залежить від робочої ширини смуги розпилювання дрона, робочої швидкості, об'єму баку (технологічної

місткості), коефіцієнта використання часу зміни при роботі дрона-обприскувача (ДО), кваліфікації оператора та організації праці бригади. Як наслідок, дослідження продуктивності та обґрунтування ефективної роботи агродронів Agras (T16, T20, T30) компанії DJI на обприскуванні культурних рослин засобами захисту рослин від шкідників та хвороб є актуальним завданням.

Метою роботи є підвищення ефективності роботи дронів Agras компанії DJI на обприскуванні культурних рослин засобами захисту від шкідників, хвороб, бур'янів.

Усі три моделі Agras T16, T20 і T30 від DJI ефективно обприскують культури завдяки потужному програмному забезпеченню, системі штучного інтелекту та планування 3D-операцій. Вони містять модульну конструкцію літального апарату, що сприяє зручному обслуговуванню системи і підвищенню безпеки польотів. Їх модульна конструкція спрощує складання, особливо моделі T30, і щоденний догляд за дроном. Легка та міцна платформа частково виготовлена з карбонового волокна, яка у складеному вигляді становить 25 % від початкового розміру, що зручно для їх транспортування. Щодо моделі Agras T30, то – це коптер з цільними елементами, які міцно прикріплені до рами, що дозволяє уникати проблем з лапами, які були притаманними для попередніх моделей під час приземлення.

Для здійснення польотів користувачам доступні наступні режими експлуатації: "Route" (маршрут); "A-B Route" (маршрут A-B); "Manual" (ручне керування); "Manual Plus" (ручне керування плюс) [1, 2].

Підвищити ефективність використання дронів-обприскувачів (ДО) означає збільшити їхню продуктивність і знизити питомі затрати часу, витрати енергії заряду батареї та коштів на одиницю виконаної роботи.

Продуктивність ДО визначають за відомою залежністю, яка залежить від: робочої ширини смуги розпилення дроном ( $B_p$ ), м; робочої швидкості дрона ( $V_p$ ), км/год та коефіцієнта використання часу зміни ( $\tau$ ).

Робоча ширина захвату ДО визначається наступними умовами: діаметром розмаху роторів, які створюють низхідний потік повітря, кількістю роторів та висотою над поверхнею культури. Потенціал агродрона якнайкраще розкривається на висоті 3-4 м над посівами [3]. Проте потрібно стежити за оптимальним співвідношенням одразу таких чотирьох параметрів: ширина смуги розпилення, висота, норма виливу та швидкість польоту. Також на ширину захвату ДО можуть впливати такі фактори як: швидкість вітру, його напрямок і рельєф робочої ділянки. Тому при плануванні місії польоту їх також необхідно враховувати.

Робочу швидкість ( $V_p$ ) агродрона можна представити у вигляді функції багатьох аргументів:

$$V_p = f(N, D, T) \quad (1)$$

де  $N$  – потужність роторів дрона на оптимальному режимі;

$D$  – параметр, що обмежує максимальну швидкість за критерієм виникнення допустимих напружень в елементах конструкції дрона при дії динамічних сил;

$T$  – технологічний параметр обмеження робочої швидкості дрона.

Максимально допустима швидкість ДО за параметром  $T$  обмежена: продуктивністю встановленими насосами, пропускною здатністю форсунок для забезпечення заданої норми виливу робочого препарату; властивостями речовин бакової суміші тощо. Отож, враховуючи усі фактори, що можуть впливати на роботу дрона на обприскуванні робочих ділянок, її електронна система сама автоматично пропонує оператору максимально можливу робочу швидкість обприскування (7 м/с) [2, 4]. Також відомо, що дрони Agas мають максимальну швидкість польоту 10 м/с і містять максимальну стійкість до вітру за швидкості 8 м/с.

Продуктивність ДО значною мірою залежить від ефективності використання часу робочої зміни. У балансі часу зміни налічується значна кількість складових, що характеризують непродуктивні затрати часу, які слід зменшувати, а збільшувати потрібно лише один параметр – час чистої роботи ДО. Коефіцієнт використання часу зміни ( $\tau$ ), який розраховують як відношення часу чистої роботи дрона до загального часу робочої зміни, розраховуємо скориставшись методикою описаною у роботі [1].

Розрахунок часу основної (чистої) роботи ( $T_o$ ) виконували, використовуючи методику розрахунку потокової лінії захисту рослин [1]. У розрахунках приймали наступні значення складових балансу часу зміни: тривалість підготовчо-заклучних робіт,  $T_{nz} = 0,4-0,6$  год; тривалість виконання технічного і технологічного обслуговування дрона,  $T_{mo} = 0,1-0,3$  год; час на відпочинок і особисті потреби,  $T_{\phi} = 0,4-0,7$  год; тривалість зміни  $T_{zm} = 6$  год.

Тривалість циклу, а в даному випадку, - це час повного спорожнення бака дрона, включав: тривалість очікування заправки ( $t_{oc}$ ), який приймали 0,015 год.; тривалість заповнення (заправка) бака дрона ( $t_{zan}$ ), год.; тривалість злітання і руху дрона з робочим розчином від місця заправки до першого проходу в загінці та без робочого розчину в зворотному напрямку і приземлення у точці зльоту ( $t_{pyx}$ ), год; тривалість робочого ходу (обприскування) дрона ( $t_o$ ), год; тривалість зміщення дрона (ліворуч чи праворуч) у кінці робочого ходу ( $t_x$ ), год.; тривалість перевірки оператором основних налаштувань польоту ( $t_{nep}$ ), год.

Розрахунок продуктивності дронів-обприскувачів Agas T16, T20 і T30 проводили для робочої ділянки з довжиною гону в 1000 м. Результати розрахунку наведені у таблиці 1.

Розрахунок продуктивності ДО Agas T16, T20 і T30 виконуємо за умов рекомендованих [3], які були одержані дослідним шляхом. Так, для ДО Agas T16 приймали робочу схему: ширина смуги розпилення 6,0 м, норма

виливу – 5 л/га, висота – 3 м; для T20 - ширина смуги розпилення 6,5 м, норма виливу – 6 л/га, висота – 3 м; для T30 – ширина смуги розпилення 7,5 м, норма виливу – 6,5 л/га, а висота також – 3 м.

Таблиця 1. Продуктивність дронів-обприскувачів Agras при довжині гону 1000 м

| Показники                                                     | Agras T16 | Agras T20 | Agras T30 |
|---------------------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| Робоча ширина смуги розпилення, $B_p$ , м                     | 6,0       | 6,5       | 7,5       |
| Робоча швидкість дрона, $V_p$ , км/год (max)                  | 25        |           |           |
| Норма витрати робочої рідини, $H_o$ , л/га                    | 5,0       | 6,0       | 6,5       |
| Відстань польоту дрона до повного спорожнення бака, $l_o$ , м | 5333      | 5128      | 6154      |
| Тривалість робочого ходу дрона, $t_o$ , год                   | 0,16      | 0,16      | 0,24      |
| Тривалість холостих зміщень дрона, $t_x$ , год                | 0,0036    | 0,0039    | 0,0075    |
| Тривалість одного циклу польоту, $t_u$ , год                  | 0,2452    | 0,2448    | 0,3191    |
| Кількість циклів за зміну, $n_u$                              | 19        | 19        | 14        |
| Тривалість основної роботи за зміну, $T_o$ , год              | 3,04      | 3,04      | 3,36      |
| Коефіцієнт викоритсання часу зміни, $\tau$                    | 0,51      | 0,51      | 0,56      |
| Продуктивність дрона-обприскувача, $W_{zod}$ , га/год         | 7,65      | 8,29      | 10,5      |

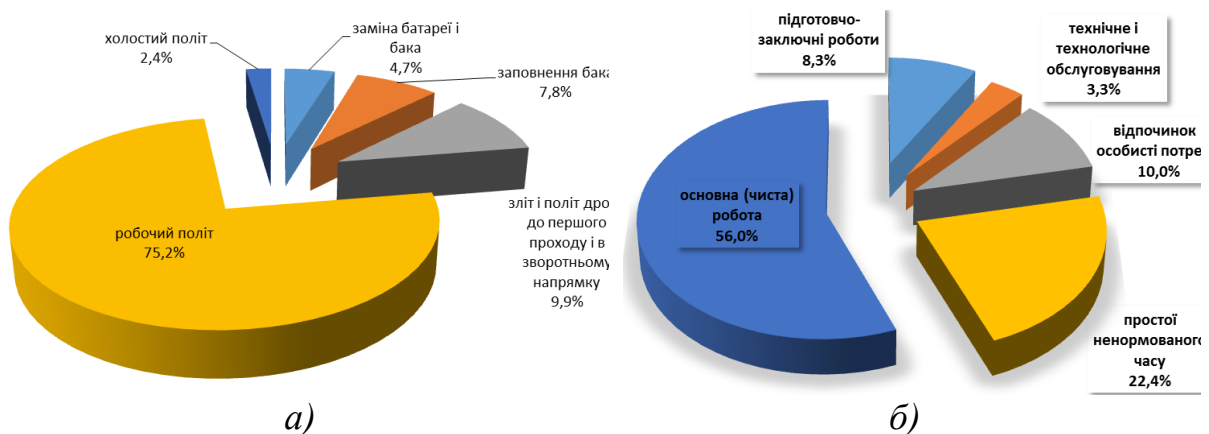


Рис. 1. Розподіл тривалості одного циклу роботи (а) дрона Agras T30 та баланс часу зміни (б) у відсотковому співвідношенні



На рисунку 1 наведено розподіл тривалості одного циклу роботи дрона Agras T30 та баланс часу зміни у відсотковому співвідношенні.

Аналізуючи баланс часу зміни роботи дрона, наприклад Agras T30, у відсотковому співвідношенні бачимо, що близько 23 % припадає на простой неенормованого часу, які спричинені через технічні несправності, організаційні неполадки та погодні умови.

Висновки. Продуктивність дронів-обприскувачів залежить від діаметру розмаху роторів, які створюють низхідний потік повітря, кількості роторів та висотою над поверхнею культури. Їх максимально допустима швидкість обмежена продуктивністю встановленими насосами, пропускною здатністю форсунок для забезпечення заданої норми виливу робочого препарату; властивостями речовин бакової суміші тощо. Зазначено, що баланс часу зміни роботи дрона містить значну кількість складових, які характеризують непродуктивні затрати часу та ті, які слід зменшувати, а збільшувати потрібно лише один параметр – час чистої роботи ДО.

Встановлено, що продуктивність ДО Agras T16, T20 і T30 за годину змінного часу при довжині гону 1000 м становить відповідно 7,65; 8,29 і 10,5 га/год. Коефіцієнт використання часу зміни склав для T16 і T20 - 0,51, а для T30 – 0,56.

#### Список використаних джерел

1. Холодюк О.В. Практичні аспекти використання безпілотного літального апарата Agras T16. *Всеукраїнський науковий журнал "Техніка, енергетика, транспорт АПК"*. 2021. № 2 (113). С. 152–167.

2. User Manual Agras T30. [Electronic resource]. - Retrieved from: [https://dl.djicdn.com/downloads/t30/20210727/T30\\_User\\_Manual\\_v1.4\\_EN.pdf](https://dl.djicdn.com/downloads/t30/20210727/T30_User_Manual_v1.4_EN.pdf) (дата звернення 10.09.2022).

3. А. Ключко. Математика обприскування агродронами [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://kurkul.com/spetsproekty/1173-matematika-obpriskuvannya-agrodronami--vse-pro-vartist-ta-rentabelnist-vikoristannya> (дата звернення 25.09.2022).

4. User Manual Agras T20. [Electronic resource]. - Retrieved from: [https://dl.djicdn.com/downloads/t20/20201201/Agras\\_T20\\_User\\_Manual\\_v1.4\\_EN.pdf](https://dl.djicdn.com/downloads/t20/20201201/Agras_T20_User_Manual_v1.4_EN.pdf) (дата звернення 10.09.2022).

УДК 631.358.44

## АНАЛІЗ ФРАКТАЛЬНИХ ОЗНАК ГЕОМЕТРИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ТУРБУЛЕНТНИХ ПОТОКІВ

*Шелудченко Б. А., Сукманюк О. М., Миненко С. В., Куликівський В. Л.  
Поліський національний університет*

Постановка проблеми. Дослідження турбулентності потоків робочих рідин є однією з найактуальніших і водночас найскладніших проблем сучасної гідродинаміки. В межах зазначеної проблеми можна виокремити деяку загальну задачу визначення фрактально-геометричних ознак форми границь певної області в межах якої і виявляються характерні турбулентні ознаки потоків рідини. Як графо-аналітична модель турбулентності можуть бути використані регулярні фрактали, які побудовано за допомогою тринадцяти-ланкових генераторів. Однак, якщо такі генератори достатньо коректно моделюють контур перерізу тримірної границі турбулентного потоку, то для моделювання всієї структури турбулентного потоку застосування зазначених фракталів не є повною мірою коректним.

Аналіз останніх досліджень. Б. Мандельброт розглянувши проблему перехрещеності турбулентність потоків рідини [1], стверджує що область розсіювання (просторова множина), на якій відбувається і концентрується турбулентне розсіювання, може бути змодельована фракталом. За результатами виконаних з різною метою вимірювань [1, 2], встановлено що розмірність  $D$  (розмірність Хаусдорфа-Безиковича) цієї області варіює в межах  $2,5 \dots 2,6$  і з високою ймовірністю не перевищує значення  $D=2,66$ .

Якщо розглядати зону турбулентності всередині обмеженої області, яка оточена з усіх боків ламінарним потоком, то в першому (грубому) наближенні така область геометрично може бути змодельована циліндром. Якщо ж розглядати границі цієї області детальніше з більш ретельним визначенням границь, то виявляється ієрархічна структура виступів і западин, величина і кількість яких зростає із збільшенням, так званого, числа Рейнольдса, яке і визначає класичну гідродинамічну характеристику рідини. Ця складна “локальна” границя турбулентності більше нагадує не циліндр, а мотузку, поверхня якої оточена безліччю розпушених по всій довжині циліндра ворсинок, які мають деяку ієрархічну будову своєї структури. Типовий поперечний переріз такої фігури, яка обмежує область турбулентності, уже не може бути описаний колом, а досить гарно може бути змодельований деякими регулярними фракталами – кривою Коха (рис. 1) або кривою Пеано-Госпера (рис. 2). І в одному і другому випадках границі турбулентної області є фрактальними. Топологія змодельованого фракталами вихрового кільця безумовно є досить цікавою з точки зору

чистого фрактального аналізу, але не моделює всієї структури турбулентного потоку в цілому.

Мета досліджень. Визначення фрактально-інваріантних ознак та розроблення фрактальної моделі ієрархічної структури перерізів турбулентних потоків.



Рис. 1. Крива Коха



Рис. 2. Крива Пеано-Госпера

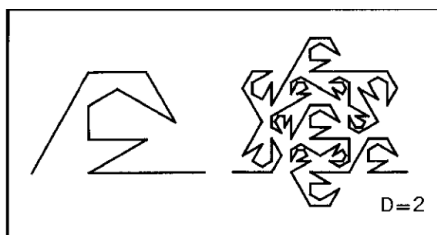


Рис. 3. Тринадцяти-ланковий генератор для побудови регулярного фракталу

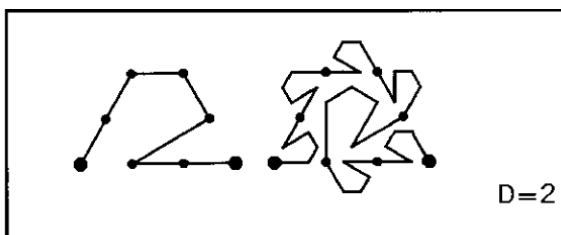


Рис. 4. Семи-ланковий генератор для побудови регулярного фракталу

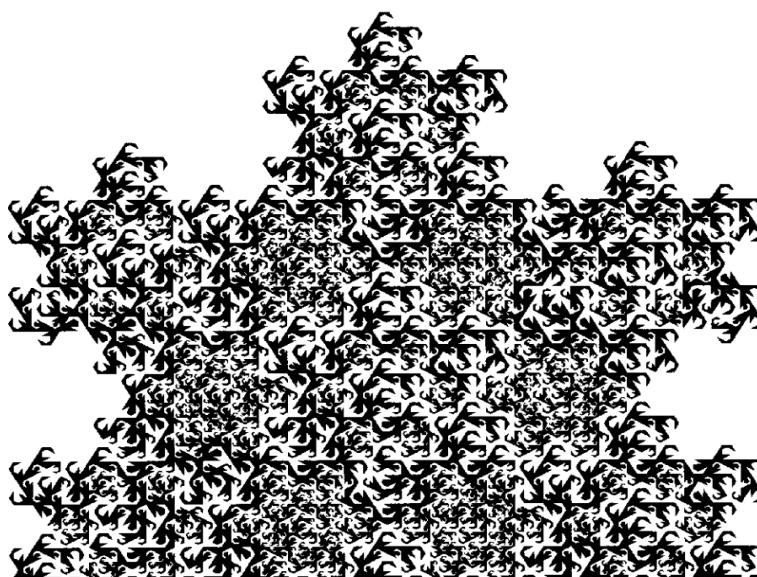


Рис. 5. Фрактально-інваріантна модель перерізу структури турбулентного потоку.

Результати досліджень. Для моделювання структури перерізу турбулентного потоку запропоновано застосування тринадцяти-ланкового генератора (рис. 3), як розвитку ізотропного тетрагону семи-ланкового генератору (рис. 4). Отримана в результаті таких побудов модель перерізу структури турбулентного потоку наведена на рис. 5.

Висновок та перспективи досліджень. Запропонована фрактально-інваріантна модель структури турбулентних потоків є достатньо коректним двомірним аналогом турбулентного розсіювання гідравлічних потоків та струменів. В перспективі дана модель може бути застосована для дослідження процесів переходу ламінарних потоків в турбулентний режим безпосередньо через критерії фрактальної розмірності (розмірність Хаусдорфа-Безиковича).

Список використаних джерел

1. Sheludchenko, B., Slusarenko, I., Pluzhnikov, O., Shubenko, V., Biletsky, V., & Borovskyi, V. (2021). Analytical criterion for the strength of bonded-dispersed gels during pipeline transportation. Scientific Horizons, 24(2), 9-15.

УДК 621.793

## **ЗНОСОСТІЙКИЙ КОМПОЗИЦІЙНИЙ МАТЕРІАЛ ДЛЯ НАПЛАВЛЕННЯ**

*Лузан С. О., Ситников П. А.*

*Національний технічний університет «Харківський політехнічний  
інститут»*

Багаторічний науковий зв'язок між механікою та розробкою нових матеріалів є однією з складових науково-технічного прогресу. Однак, подальший розвиток людства, його виробничих сил і потужностей обумовлює неперервну еволюцію розробки матеріалів, здатних набувати нових (порівняно з металами та сплавами) фізичних та хімічних властивостей.

На сучасному етапі розвитку матеріалів особливу актуальність набувають композиційні матеріали (КМ), тобто гетерофазні матеріали, окремі фази яких виконують задані спеціальні функції. Основою КМ є металічна, керамічна або полімерна матриця з введеними до неї включеннями (вміст останніх, як правило, знаходиться в межах від 5 до 60 %).

Одним із перспективних напрямів, пов'язаним з отриманням КМ, є самопоширюваний високотемпературний синтез (СВС). За допомогою цієї

технології можливо отримати матеріали з регульованим як хімічним, так і фізичним складом, різною дисперсністю та заданою пористістю при мінімальних витратах енергій, високій технологічності та малогабаритному обладнанні. СВС-процес засновано на проходженні високоекзотермічних хімічних реакцій, які відбуваються з виділенням значної кількості тепла, що зумовлює утворення тугоплавких з'єднань металів. Кінцевими продуктами СВС можуть бути такі зносостійкі з'єднання, як карбіди, нітриди, бориди, силіциди, інтерметаліди та багатокомпонентні сплави.

Авторами розроблено новий композиційний матеріал зі структурою «зміцнююча фаза – матриця» для поверхневого зміцнення деталей машин. Формування зміцнюючої фази здійснено на основі самопоширюваного високотемпературного синтезу механічно активованої суміші порошків Ti, C, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Al, ПТ-НА-01. Важливо відмітити, що SiO<sub>2</sub> та Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> додавали у якості двох варіацій глини: вогнетривкої меленої та бентонітової. В результаті синтезу було отримано КМ, який після дроблення змішували з матричним (ПГ-10Н-01) в кількості від 10 до 30 %. Наплавлення розробленого КМ здійснювали графітовим електродом Ø 9,5 мм на зразок зі сталі 20.

Згідно результатів випробувань на абразивне зношування в умовах тертя при закріплених абразивних частинках (ГОСТ 17367-71) встановлено, що зносостійкість наплавленого покриття КМ {10 % (Ti–C–SiO<sub>2</sub>–Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>–Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>–Al–ПТ-НА-01) + 90 % (ПГ-10Н-01)} в 1,8 рази є більшою у порівнянні з покриттям самофлюсованим сплавом ПГ-10Н-01. Отримані результати дозволяють рекомендувати технологію дугового наплавлення композиційного матеріалу як для зміцнення нових, так і для відновлення деталей машин, що експлуатуються.

## Секція

# Механіко-технологічні процеси, робочі органи та машини для рослинництва

УДК 631.4; 631.31

### ОБГРУНТУВАННЯ МЕХАНІЧНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ДЛЯ РОЗВИТКУ РОСЛИН

*Теслюк В. В.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*Ікальчик М. І.*

*Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України «Ніжинський агротехнічний інститут»*

*Санчук Б. Ю.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Постановка проблеми. Вирощування стабільних урожаїв сільгоспкультур пов'язане із вчасним якісним проведенням поверхневого обробітку ґрунту та створенням сприятливих умов для розвитку культурних рослин у період вегетації. Важлива роль у цьому процесі належить культиваторам.

Аналіз останніх досліджень. Завдяки механічному обробітку ріллі культиваторами поверхня поля має дрібногрудкову структуру, що забезпечує оптимальні умови водного, теплового, повітряного та поживного режимів ґрунту, активізує корисні мікробіологічні процеси в ньому, створює однакову глибину загортання насіння, добрив і перешкоджає випаровуванню вологи з поверхні поля.

Обов'язковою умовою збереження вологи в ґрунті є систематичне знищення бур'янів у міру їхнього проростання.

Мета досліджень. Підвищення ефективності механічного обробітку ґрунту для вирощування сільськогосподарських культур.

Результати досліджень. Одним із перспективних напрямів розвитку аграрного виробництва є впровадження нових технологій і ґрунтообробних агрегатів, які забезпечували б належне підготування ріллі до висівання сільськогосподарських культур і догляд за посівами. Особливого значення при цьому набуває поєднання технологічних операцій механічного обробітку ґрунту.

Механічний обробіток ґрунту проводять з метою поліпшення його структури, розпушення або ущільнення, нагромадження вологи, боротьби з бур'янами і шкідниками сільськогосподарських культур, загортання

рослинних решток, добрив тощо. Ґрунт, як об'єкт обробітку, характеризується фізико-механічними, технологічними властивостями, які визначають умови роботи ґрунтообробних машин і суттєво впливають на їхні показники роботи.

Фізико-механічні і технологічні властивості ґрунту враховують при виборі способу обробітку ґрунту і типів робочих органів ґрунтообробних машин. Основними технологічними властивостями ґрунту є вологість, щільність, питомий опір, твердість, прилипання ґрунту тощо. За питомим опором ґрунти поділяють на легкі (до 0,03МПа) середні (0,03 - 0,07МПа) і важкі (0,07 - 0,12МПа).

При механічному обробітку ґрунту під дією робочих органів ґрунтообробних машин виконуються такі технологічні операції: перевертання, розпушування, кришіння, ущільнення, перемішування. Залежно від глибини обробітку і технологічних операцій розрізняють такі види механічного обробітку ґрунту: основний на глибину 10-30 см і більше, поверхневий на глибину до 8-12 см і спеціальний. Основний обробіток ґрунту на глибину від 10 до 24 см називають звичайним (середнім), на глибину 8-16 – мілким, а понад 24 см – глибоким.

Основний обробіток ґрунту важкими дисковими агрегатами під зернові та зернобобові культури в умовах стислих агротехнічних термінів потрібно виконувати на глибину 16...24 см. Діаметр дисків при цьому має бути не менше ніж 500 мм. Технологічну операцію залежно від ґрунтово-кліматичних умов здійснюють за 1 - 2 проходження дискувального агрегату, при цьому друге проходження проводять під кутом 30...45° відносно першого.

Висновок. Комбінований дисковий агрегат має працювати на швидкостях 8...12 км/год, у тому числі під час роботи на важких суглинистих ґрунтах підвищеної вологості із великою кількістю пожнивних залишків на поверхні. Для поліпшення якості подрібнення рослинних решток на знарядді рекомендується встановлювати вирізні сферичні диски.

#### Список використаних джерел

1. Адамчук В.В. Система техніко-технологічного забезпечення виробництва продукції рослинництва / за ред. В.В. Адамчука, М.І. Грицишина. К.: Аграр. Наука, 2012. 416 с.

2. Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські машини: підручник / Д.Г. Войтюк, Л.В. Анісевич, В.В. Іщенко та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. К.: Агроосвіта, 2015. 679 с.

3. Гречкосій В.Д. Проектування технологічних процесів у рослинництві: навчальний посібник / В.Д. Гречкосій, В.Д. Войтюк, Р.В. Шатров, І.І. Мельник, Я.М. Михайлович, В.Г. Опалко. Видавничий центр НУБіП України, 2011. 364 с.

УДК 631.4; 631.31

## **ВПЛИВ МАШИННО-ТРАКТОРНИХ АГРЕГАТИВ НА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТУ**

*Теслюк В. В.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*Пономаренко О. В.*

*Таращанський державний технічний та економіко-правовий коледж*

*Мацюк К. І.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Постановка проблеми. Проблема переущільнення поверхні ґрунтів в результаті сільськогосподарського і промислового виробництва сьогодні набуває широких масштабів і стає глобальною. Адже інтенсивне виробництво, поява великої кількості важкої сільськогосподарської техніки та нехтування правильною організацією сівозмін у багатьох господарствах дуже негативно впливають і на структуру ґрунту, і на його родючість у кінцевому підсумку. Надмірне ущільнення ґрунту призводить до здавлювання пор, які повинні легко пропускати крізь себе воду і повітря. Це перешкоджає розвитку кореневої системи і призводить до нестачі кисню.

Аналіз останніх досліджень. Широкого застосування в сільськогосподарському виробництві набуває використання потужних важких колісних енергетичних засобів. З появою важких енергонасичених тракторів масою понад 4-8 т (МТЗ-82, Т-150, ХТЗ-120, ХТЗ-170), використання яких призводить до руйнування агроструктурних агрегатів ґрунту їх переущільнення і, як наслідок, до значного погіршення фізико-механічних властивостей ґрунту.

Тому, обґрунтування оптимальних конструкційних параметрів ходових частин колісних тракторів, та розробка заходів, які запобігатимуть негативним наслідкам, сприятимуть зберіганню агрегатної структури та родючості ґрунтів є актуальною задачею.

Мета досліджень. Зменшення негативного впливу машинно-тракторних агрегатів на фізико-механічні властивості ґрунту.

Результати досліджень. Зниження рівнів техногенного тиску самохідної і причіпної сільськогосподарської техніки в складі машино-тракторного агрегату на ґрунти може бути досягнуте завдяки комплексній оптимізації параметрів конструкції опорно-приводних коліс мобільних засобів та відповідним нормуванням їх експлуатаційних властивостей. Запропоновано модернізовані опорно-приводні колеса трактора Т-150К, обладнати шинами 28,1R26 замість серійних шин 21,3R24.

В результаті експериментальних досліджень одержано, що об'ємна деформація ґрунту під опорно-приводними колесами запропонованого



варіанту в 2,75...3,0 рази менша, ніж, при застосуванні серійних ходових частин загальноновживаних тракторів і лише в 1,35...1,45 разів більша в порівнянні з абсолютним контролем, в той час, як для серійних варіантів цей показник варіює в межах 3,92...4,18. Польовими дослідженнями встановлено підвищення енергії проростання, схожості насіння та ріст і розвиток культурних рослин на вирощуванні озимої пшениці.

**Висновки.**

1. Деградація ґрунтів під впливом рушіїв енергетичних засобів і ґрунтообробних знарядь сприяє переущільненню ґрунтів, системному зниженню родючості та загостренню проявів водної і вітрової ерозії.

2. Встановлено, що для уникнення руйнування біологічно цінних агрегатів доцільно опорно-приводні колеса трактора Т-150К, обладнати шинами 28,1R26 замість серійних шин 21,3R24.

**Список використаних джерел**

1. Кушнарєв А.С., Кочев В.И. Механико-технологические основы обработки почвы. К.: Урожай, 1989. 144 с.

2. Білецький В.Р. Переущільнення ґрунту рушіями мобільної сільськогосподарської техніки. Житомир: Видавництво ДААУ, 2000. 43 с.

3. Гречкосій В.Д. Проектування технологічних процесів у рослинництві: навчальний посібник / В.Д. Гречкосій, В.Д. Войтюк, Р.В. Шатров, І.І. Мельник, Я.М. Михайлович, В.Г. Опалко. Видавничий центр НУБіП України, 2011. 364 с.

УДК 631.31

## **ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНОГО УДОСКОНАЛЕННЯ КОМБІНОВАНОГО ҐРУНТООБРОБНОГО ЗНАРЯДДЯ**

*Теслюк В. В., Вечера О. М., Кініченко А. О.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

**Постановка проблеми.** В аграрному виробництві найважливішими проблемами механізованого передпосівного обробітку ґрунту є скорочення часу на його обробіток, збереження родючості та регульоване руйнування природної структури. Механічний обробіток ґрунту базується на чотирьох основних загальноприйнятих прийомах: оранці, розпушуванні, культивації, прикочуванні.

**Аналіз останніх досліджень.** З агротехнічної точки зору послідовне виконання вказаних операцій призводить до збільшення числа проходів агрегатів по полю. Зменшення кількості таких проходів, часу на виконання технологічних операцій, а також зменшення випаровування вологи – базові

ідеї для розробки та впровадження комбінованих ґрунтообробних агрегатів [1]. В умовах сучасних систем землеробства передпосівний обробіток у сівозмінах має бути протиерозійний та різноглибинний, при якому чергуються глибокі, середні, мілкі, поверхневі, полицеві та безполицеві обробітки. В умовах Полісся України, де найбільш родючі ґрунти недостатньо вивчені передпосівний обробіток ґрунту плоскорізними знаряддями, є основою сучасних систем землеробства. Наукою і практикою встановлено, що внаслідок плоскорізного обробітку на поверхні поля залишається від 80 до 90 % рослинних решток, що запобігають вітровій та водній ерозії ґрунту, забезпечують снігозатримання, зберігають вологу, сприяючи одержанню вищих врожаїв. Актуальним науково-практичним завданням під час проведення комбінованого обробітку є використання таких агрегатів, які б виконували передпосівний обробіток і зберігали структурність ґрунту, що впливає на природні фізико-механічні, хімічні й біологічні властивості. Структурним вважається грудкувато-зернистий ґрунт з вмістом агрегатів розміром від 0,25 до 20 мм понад 50 %, та ґрунтових агрегатів завбільшки менше ніж 0,25 мм не більше 15 % [2].

Огляд існуючих комбінованих ґрунтообробних агрегатів показав, що мало вивченою основною проблемою при обробітку ґрунту є зменшення руйнування ґрунту, надання раціональної структури, збереження вологи.

Мета дослідження. Підвищення ефективності передпосівного обробітку ґрунту шляхом удосконалення комбінованого ґрунтообробного знаряддя

Результати досліджень. Для умов Полісся найбільш раціонально використовувати планчасті котки. Діаметр такого котка перебуває в межах 230...380, товщина прутка 8...16, відстань між прутками 60...120 мм, кількість їх по колу котка 6...12. Особливо проходу культиватора або пружинної борони, обладнаної секціями планчастих котків, ґрунт має дрібно фракційну структуру і щільність 1,1...1,2 т/м<sup>3</sup>. Фронтально встановлені планки по спіралі в складі котка ущільнюють підповерхневий шар ґрунту на глибині 50...100 мм, проте недостатньо вирівнюють поверхню поля. Крім того, планчасті котки внаслідок жорсткого кріплення прутків забиваються рослинними залишками і ґрунтом при його підвищеній вологості. Це обмежує застосування на таких полях комбінованих машин, якісна робота яких досягається при вологості 18...22%. Таким чином необхідні роботи по подальшому узгодженню сумісної роботи котків в складі МТА, з узгодженням впливу параметрів котків на основні агротехнічні показники обробітку ґрунту.

Провівши розрахунок впливу технологічних параметрів котка (діаметра  $d$ , мм; та результуючої сили  $P$ , Н) на нормальну силу (тиск) згідно моделі (1), отримаємо аналітичні залежності, які можна відобразити графічно та знайдемо діапазони допустимих діаметрів котка.

Таким чином параметри котка представлені в табл.1. забезпечують необхідну щільність ґрунту у випадку початкової щільності  $\rho_0 = 900 \dots 1000 \text{ кг/м}^3$ .

Подальші конструкційні та технологічні параметри (вагу котка  $G$ , крок планок  $l$ , ширину планки  $b$ , конструкційний діаметр котка  $D_k$ , кут закручування планки  $\alpha$ , ширину котка  $B_k$ ) можна встановити враховуючи робочу швидкість ґрунтообробного агрегата  $v$  та з огляду на суцільність обробітку. Для підвищення рівномірності обробітку ґрунту комбінованим агрегатом, вісі котків запропоновано встановити на плаваючій підвісці. Рівномірність ходу рами по поверхні ґрунту забезпечується за рахунок застосування балансирної підвіски, яка копіює рельєф поверхні поля. Ефективність роботи ґрунтообробних знарядь оцінювалась через покращення показників передпосівного обробітку ґрунту. Експериментальними дослідженнями встановлено, що інтенсивність руйнування структури ґрунту зменшується за рахунок використання послідовно розташованої пари котків. Кількість фракцій ґрунту з середнім розміром  $d < 0,25 \text{ мм}$  і  $d > 10 \text{ мм}$ , зменшилась на 7,0 % і 2,5 % до базового агрегата та відповідно на 23,1 % і 29,6 %, до агрофону.

Встановлено, що ущільнення ґрунту при збільшенні швидкості понад 3,6 м/с (12,96 км/год) планчастим парним котком зменшується; діапазон результуючої сили раціонально утримувати в межах 15...75 кПа. При цьому коефіцієнт об'ємного зминання пропонованого варіанту агрегата на 20 % менший порівняно з агрофоном та на 21% більший за показник базового агрегата що у свою чергу, відповідає значенням в межах 1...5 Н/см<sup>3</sup>.

Запропонований ґрунтообробний агрегат порівняно з базовим у середньому забезпечує зменшення втрат вологи під час обробітку до 13 %, збільшення щільності до 25 % порівняно з базовим агрегатом. Абсолютна вологість ґрунту у шарі 0...40 мм після проведення обробітку при порівнянні з базовим варіантом була вищою на 62 %.

Встановлено, що застосування комбінованого ґрунтообробного агрегата зменшує витрати праці за рахунок скорочення числа операцій на 23,6 %, сукупної енергії на 13,9 % порівняно з контрольним варіантом. Річний економічний ефект від застосування агрегата оснащеного експериментальними ущільнювачами в порівняно з базовим агрегатом становить 1056 грн. для площі 100 га.

**Висновки.**

Аналіз існуючих комбінованих агрегатів культиваторного типу показав, що їх недоліком є високий ступінь руйнування структури ґрунту, який запропоновано вирішувати за рахунок використання пари планчастих котків.

За умов застосування запропонованої конструкції встановлено, що інтенсивність руйнування структури ґрунту зменшується. Кількість фракцій ґрунту з розмірами грудочок  $d < 0,25 \text{ мм}$  і  $d > 10 \text{ мм}$  зменшилась на 7,0 % і

2,5 % порівняно з обробітком базовим агрегатом та відповідно на 23,1 % і 29,6 %, до агрофону. Застосування запропонованого комбінованого ґрунтообробного агрегата зменшує витрати праці за рахунок скорочення числа операцій на 23,6 %, сукупної енергії на 13,9 % порівняно з контрольним варіантом.

Список використаних джерел

1. Адамчук В.В. Система техніко-технологічного забезпечення виробництва продукції рослинництва / за ред. В.В. Адамчука, М.І. Грицишина. К.: Аграр. наука, 2012. 416 с.

2. Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські машини / Д.Г. Войтюк, Г.Р. Гаврилюк. К.: Каравелла, 2004. 448 с.

3. Патент №8911U України. МПК7 А 01 В 29/04 29/06. Голчастий коток для додаткового розпушування ґрунту / П.В. Сисолін, В.М. Сало, В.З. Місків, І.П. Сисоліна; заявник та власник Кіровоградський національний технічний університет. № 200502817; Заявл. 28.03.2005 опубл. 15.08.2005, Бюл. № 8.

4. Дубровін В.О. Проектування технологічних процесів у рослинництві / методичні вказівки і завдання для виконання практичних і самостійних робіт / [В.О. Дубровін, В.Д. Гречкосій, Р.В. Шатров, В.В. Теслюк] за ред. доц. В.Д. Гречкосія. К.: Видавничий центр НУБіП, 2012. 116 с.

УДК 631.171: 633.63

## **АНАЛІЗ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ КОРЕНЕЗБИРАЛЬНОЇ МАШИНИ**

*Теслюк В. В.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*Щербак В. А.*

*Таращанський державний технічний та економіко-правовий коледж*

*Покидько М. М.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Постановка проблеми. Важливим резервом збільшення валових зборів зернобобових, технічних та інших сільськогосподарських культур є ріст оснащеності сільськогосподарського виробництва високопродуктивними машинами, і підвищення їх експлуатаційних показників. Особливу увагу вимагає технічне забезпечення збирання коренеплодів кормових буряків. Тому вирішення технічних питань з модернізації машини, адаптація до

конкретних умов вирощування коренеплодів кормових буряків є актуальною проблемою технологів і конструкторів.

Аналіз останніх досліджень. Питанню техніко-технологічного забезпечення вирощування коренеплодів буряків присвячено багато досліджень. Аналіз літературних даних показує, що зменшення втрат технічних культур в країні лише на 1% рівнозначно збільшенню посівних площ на 5 відсотків.

За статистичними даними втрати кормових буряків під час збирання коливаються в межах від 4 до 13% і їх величина значною мірою залежить від типу збиральних машин та систем керування робочими органами.

Мета досліджень. Підвищення якості збирання коренеплодів кормових буряків від пошкодження шляхом удосконалення копіра водія.

Результати досліджень. Одними з найбільш вагомих є втрати внаслідок механічного пошкодження коренеплодів в процесі їх викопування внаслідок несправності, або недостатньої ефективності автомата керування.

Тому в конструкціях коренезбиральних машин, для забезпечення допустимого рівня пошкоджень і втрат, займає система керування (СК), яка повинна забезпечити необхідну точність ведення комбайна по рядках при високих швидкостях збирання. Це дозволить підвищити продуктивність машини, зменшити втрати коренів, а також полегшити умови праці механізатора, оскільки система керування звільняє його від важкої монотонної роботи при керуванні машиною під час виконання технологічного процесу.

Серійний автомат керування коренезбиральної машини МКК-6 в нормальних умовах збирання кормових буряків задовільно виконує свої функції. Однак його конструкція не пристосована для збирання кормових буряків, які були вибиті гичкозбиральною машиною і знаходяться в міжряддях, що знижує його ефективність при експлуатації.

В результаті аналізу роботи копіра автомата керування коренезбиральної машини запропоновано нове вирішення технічної задачі, яке полягає в удосконаленні конструкції автомата керування коренезбиральних машин, шляхом удосконалення конструкції копіра.

Висновок. Використання запропонованого копіра автомата керування коренезбиральної машини дозволить підвищити ефективність використання бурякозбиральної техніки. Річний економічний ефект від впровадження запропонованого автомата водіння на одну машину склав 5962,8 грн.

Список використаних джерел

1. Барановський В.М., Онищенко В.Б., Соломка В.О., Виговський А.Ю. напрямки вдосконалення сепаруючих робочих органів коренезбиральних машин. Механізація сільськогосподарського виробництва: Зб. наук, праць НАУ. Том XII. К.: НАУ, 2002. С. 31-42.

2. Свеклоуборочные машины: история, конструкция, теория, прогноз / Л.В. Погорелый, Н.В. Татьянко. К.: Феникс, 2004. 232 с.

3. Барановський В.М. Визначення кутової швидкості обертання гвинта очисника коренеплодів / В.М. Барановський, М.Р. Паньків, Н.А. Дубчак [та ін.]. Науковий вісник НАУ. 2006. Вип. 95, частина 1. С. 278–283.

УДК 631.171: 633.63

## **ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІНІМАЛІЗАЦІЇ ПЕРЕДПОСІВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ПІД СІВБУ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ**

*Теслюк В. В.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України  
Івашина М. Б.*

*Таращанський державний технічний та економіко-правовий коледж  
Покидько М. М.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Постановка проблеми. Технологія вирощування цукрових буряків включає послідовно виконувані операції обробки ґрунту, внесення добрив, весняної передпосівної обробки, сівби та догляду за посівами, які забезпечують необхідні умови для проростання насіння, росту і розвитку коренеплодів та накопичення в них цукру а також збирання урожаю.

Аналіз останніх досліджень. Передпосівний обробіток ґрунту характеризується своєчасним і якісним виконанням технологічних операцій з мінімальними впливом на створений агрофон. Багаторічні результати досліджень наукових установ показують, що цукрові буряки досить вимогливі до якості передпосівної підготовки ґрунту. Тому для їх вирощування, повинні бути розроблені і впроваджені зональні прийоми і технології, які передбачали б мінімалізацію передпосівного обробітку ґрунту, особливо важкого за механічним складом.

Мета дослідження: підвищення ефективності вирощування органічної продукції рослинництва.

Результати досліджень. Аналіз розвитку науки і практики в напрямку створення енергозберігаючих й ґрунтозахисних технологій виробництва цукрових буряків дав нам підстави для розробки, дослідження та впровадження способу їх виробництва на ґрунтах важких за механічним складом, який підвищує їх продуктивність, знижує матеріальні та енергетичні затрати. Суть її полягає в наступному: восени на фоні напівпарового або поліпшеного обробітку ґрунту на вирівненій поверхні

поля культиватором (наприклад УКРП-5,4 або УСМК-5,4), обладнаним туковисівними апаратами, локально вносять мінеральні добрива, які розміщують по лінії майбутніх рядків на інтервалах заданої ширини міжрядь 45 см, в зоні найкращого розвитку кореневої системи рослин на глибину 16-20 см з одночасним формуванням гребенів спеціальними робочими органами над стрічками внесених добрив.

Формування гребенів восени сприяє інтенсивному накопиченню вологи, а весною швидкому дозріванню ґрунту в зоні гребенів, що дозволяє в більш ранні строки проводити сівбу і збільшити вегетаційний період. Ранньою весною гребені зрізають до висоти 3-4 см відносно поверхні з одночасним стрічковим внесенням гербіцидів в зону рядка з наступним висівом насіння цукрових буряків.

В результаті проведених досліджень встановлено, що за умов більш ранніх строків сівби відмічено зниження ураження рослин цукрових буряків коренеїдом в 1,8 рази порівняно з традиційним, отримано достовірний приріст урожайності коренеплодів і збір цукру відповідно на 4,8 т/га і 0,7 т/га, в той же час виключення прийомів весняного боронування, шлейфування, глибокого обробітку, суцільного внесення гербіцидів, передпосівного обробітку зумовило зниження витрат праці в 1,5 рази, пального – в 2,5 рази, грошових витрат – в 1,9 рази.

Висновок. Наукове і практичне обґрунтування технологічної операції передпосівного обробітку ґрунту шляхом осіннього формування гребенів показало позитивні результати і є актуальним для наукових досліджень та практичної реалізації технологічного процесу.

#### Список використаних джерел

1. Зубенко В.Ф. Довідник буряководи / В.Ф. Зубенко. К. : Урожай, 1991. 237 с.
2. Гречкосій В.Д. Проектування технологічних процесів у рослинництві: навчальний посібник/ В.Д.Гречкосій, В.Д.Войтюк, Р.В. Шатров, І.І.Мельник, Я.М. Михайлович, В.Г. Опалко. – Видавничий центр НУБіП України, 2011. 364 с.
3. Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські машини: підручник / Д.Г. Войтюк, Л.В. Аніскевич, В.В. Іщенко та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. К.: Агроосвіта, 2015. 679 с.
4. Рудь А.В. Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського виробництва : підруч. у 2 т : Т 2 / [А.В. Рудь, І.М. Бандера, Д.Г. Войтюк та ін.] ; за ред. А.В. Рудя. К. : Агроосвіта, 2012. 432 с.; іл.
5. Рудь А.В. Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського виробництва : підруч. у 2 т : Т 2 / [А.В. Рудь, І.М. Бандера, Д.Г. Войтюк та ін.] ; за ред. А.В. Рудя. К. : Агроосвіта, 2012. 432 с.; іл.

УДК 631.171: 633.63

## **АНАЛІЗ ТА УДОСКОНАЛЕННЯ КОПІРА АПАРАТА ВОДІННЯ КОРЕНЕЗБИРАЛЬНОЇ МАШИНИ**

*Теслюк В. В.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України  
Барановський В. М.*

*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя  
Швора В. О.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України  
Ярощук Д. Г.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Постановка проблеми. Важливим резервом збільшення валових зборів зерна, технічних та інших сільськогосподарських культур є ріст оснащеності сільськогосподарського виробництва високопродуктивними машинами, і підвищення їх експлуатаційних показників [1, 2].

Зменшення втрат технічних культур в країні лише на 1% рівнозначно збільшенню посівних площ на 1 млн. га.

За статистичними даними втрати кормових буряків під час збирання коливаються в межах від 4 до 13% і їх величина значною мірою залежить від типу збиральних машин та систем керування робочими органами [3].

Тому одним із шляхів удосконалення автомата керування є значне спрощення його конструкції і одночасно підвищення точності і надійності роботи.

Аналіз останніх досліджень. Одними з найбільш вагомих є втрати внаслідок механічного пошкодження коренеплодів в процесі їх викопування внаслідок несправності, або недостатньої ефективності автомата керування.

Тому в конструкціях коренезбиральних машин, для забезпечення допустимого рівня пошкоджень і втрат, займає система керування (СК), яка повинна забезпечити необхідну точність ведення комбайна по рядках при високих швидкостях збирання. Це дозволить підвищити продуктивність машини, зменшити втрати коренів, а також полегшити умови праці механізатора, оскільки система керування звільняє його від важкої монотонної роботи при керуванні машиною під час виконання технологічного процесу.

Мета дослідження. Підвищення ефективності збирання буряків шляхом удосконалення автомата керування-апарата водіння.

Результати досліджень. Роль копіра-розрихлювача – відслідковувати рядки буряків, розпушувати ґрунт і підрізати бур'яни. Крім цього, до позитивного моменту слід віднести те, що клин розрихлювача стабілізує технологічний процес відслідковування рядків буряків при малій висоті їх



головок і не допускає різких коливань в процесі роботи.

Серійний автомат керування коренезбиральної машини МКК-6 в нормальних умовах збирання кормових буряків задовільно виконує свої функції. Однак його конструкція не пристосована для збирання кормових буряків, які були вибиті гичкозбиральною машиною і знаходяться в міжряддях, що знижує його ефективність при експлуатації.

В результаті аналізу роботи копіра автомата керування коренезбиральної машини запропоновано нове вирішення технічної задачі, яке полягає в удосконаленні конструкції автомата керування коренезбиральних машин, шляхом удосконалення конструкції копіра.

Удосконалений автомат керування складається з двох основних частин – кінематики механічної системи і гідравлічної частини.

Гідравлічна система є виконавчою, яка забезпечує керування передніми колесами машини у відповідності з отриманими сигналами орієнтації.

Для забезпечення надійності і точності відслідковування (копіювання) рядків необхідно встановити таку відстань розміщення датчиків, щоб плоскі елементи пер не затискалися коренями направляючих рядків, але й не знаходилися далеко від них, тобто були з мінімальним зазором.

Висновок. Використання запропонованого копіра автомата керування коренезбиральної машини дозволить підвищити ефективність використання бурякозбиральної техніки. Річний економічний ефект від впровадження запропонованого автомата водіння на одну машину склав 5962,8 грн.

#### Список використаних джерел

1. Гречкосій В.Д. Проектування технологічних процесів у рослинництві: навчальний посібник / В.Д.Гречкосій, В.Д.Войтюк, Р.В. Шатров, І.І.Мельник, Я.М.Михайлович, В.Г.Опалко. Видавничий центр НУБіП України, 2011. 364 с.

2. Дубровін В.О. Проектування технологічних процесів у рослинництві / методичні вказівки і завдання для виконання практичних і самостійних робіт / В.О.Дубровін, В.Д.Гречкосій, Р.В.Шатров, В.В. Теслюк, за ред. доц. В.Д.Гречкосія. К.: Видавничий центр НУБіП, 2012. 116 с.

3. Барановський В. Основні етапи та сучасні тенденції розвитку коренезбиральних машин. Вісник Тернопільського держ. техн. ун-у. Тернопіль : ТДТУ, 2006. Т. 11. № 2. С. 67–75.

4. Булгаков В.М. Теория свеклоуборочных машин : монография / В.М. Булгаков, М.И. Черновол, Н.А. Свирень. Кировоград : "КОД", 2009. 256 с.

УДК 631.8

**АНАЛІЗ ВНЕСЕННЯ ДОБРИВ В РЕАЛІЯХ СЬОГОДЕННЯ**

*Артьомов М. П., Романащенко О. А., Романащенко М. О.  
Державний біотехнологічний університет*

**Постановка проблеми.** Незмінною умовою підвищення продовольчого потенціалу країни є доцільне використання, збереження та підвищення родючості ґрунтів. Протягом останніх десятиліть в Україні спостерігається зменшення посівних площ кормових культур та збільшення технічних, це відбувається за рахунок того, що виробництво останніх є більш прибутковим.

2022 рік став для всієї України, в тому числі й для сільськогосподарської галузі переломним. Складнощі на ринку добрив почалися ще у грудні 2021 року, коли зросли ціни на енергоносії і, як наслідок, на готовий продукт. А через війну стався збій логістичних ланцюгів, а також багатьом господарствам довелося внести корективи у сівоzmіни та технології.

**Аналіз останніх досліджень.** Питанням збереження й відновлення родючості ґрунтів, підвищення ефективності застосування добрив досліджували у своїх наукових працях такі відомі вітчизняні вчені, як Филип'єв І.Д., Березюк С.В., Господаренко Г.М., Яцук І.П. та інші.

Одним з головних чинників зниження родючості ґрунтів являється зменшення обсягів внесення мінеральних та органічних добрив [1, с. 7]. Роль добрив залишається достатньо високою і на відносно родючих ґрунтах, що мають оптимальну забезпеченість елементами живлення [2, с. 84; 3, с. 158].

Метою дослідження є порівняння внесення добрив протягом останніх десятиліть та провести аналіз внесення добрив у 2022 році.

**Результати досліджень.** При порівнянні останніх десятиліть простежується зростання валового збору основних сільськогосподарських культур, зокрема культури зернові та зернобобові (табл. 1) [4].

Таблиця 1. Обсяг виробництва (валовий збір) культури зернові та зернобобові (1991-2021 рр.)

|                                        | 1991 р. | 2001 р. | 2011 р. | 2021 р. |
|----------------------------------------|---------|---------|---------|---------|
| Культури зернові та зернобобові, тис.т | 38674   | 39706   | 56747   | 86010   |

Так, дивлячись на наведені данні за 30 років валовий збір підвищився у 2,22 рази. Таких результатів біло досягнуто за рахунок таких чинників, як: сприятливих погодно-кліматичних умов; високий біологічний потенціал

нових сортів і гібридів; збільшення обсягів внесення мінеральних добрив [5, с. 18]. Проте, що стосується внесення органічних добрив, то тут можна констатувати поступове зменшення (табл. 2) [4].

Таблиця 2. Внесення мінеральних та органічних добрив за 2001-2021 рр.

|                                                     | 2001 р. | 2011 р. | 2021 р. |
|-----------------------------------------------------|---------|---------|---------|
| Площа сільськогосподарських угідь по країні         | 40,8    | 41,6    | 41,5    |
| Загальні обсяги внесення мінеральних добрив, тис. т | 403,9   | 1266,9  | 2876,6  |
| Внесення органічних добрив, тис. т                  | 27084,7 | 9954,2  | 11962,9 |

Аналізуючи данні табл 2. можна сказати, що у порівнянні з 2001 р. у 2021 році зросли показники площі сільськогосподарських угідь у 1,01 рази та обсяг внесення мінеральних добрив у 7,12 разів. Внесення органічних добрив має сьогодні від'ємну тенденцію у порівнянні із початком ХХІ століття, так цей показник зменшився на 15121,8 тис. т у 2022 р. і становив 11962,9 тис. т в порівнянні з 2001 роком. Одна з причин такого стану це зменшення присутності галузі тваринництва (табл. 3) [4].

Таблиця 3. Кількість сільськогосподарських тварин на 1 січня, тис. голів

|                      | 1991 р. | 2001 р. | 2011 р. | 2021 р. | 2022 р. |
|----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Велика рогата худоба | 24623,4 | 9423,7  | 4494,4  | 2874,0  | 2644,0  |
| Свині                | 19426,9 | 7652,3  | 7960,4  | 5876,2  | 5608,8  |
| Вівці та кози        | 8418,7  | 1875,0  | 1731,7  | 1140,4  | 1140,4  |
| Птиця, млн. голів    | 246,1   | 123,7   | 203,8   | 200,7   | 202,2   |

У 2022 році перед українськими аграріями постала низка питань щодо ведення господарства, а саме – де і як заощадити, щоб і господарство зберегти, і землю не занехаяти, і врожай отримати. Так деякі фермери на Харківщині скорегували структуру посівних площ, зокрема, зменшили площі під кукурудзою на 30%. Через подорожчання будуть зменшувати витрати добрив на 50% по всіх культурах. В Рівненській області деякі господарства змінили підхід до системи захисту та живлення – зробили акцент на активізацію розвитку рослин за допомогою природних процесів: застосовують біоактиватори для розвитку кореневої системи, препарати для розвитку мікрофлори ґрунту. Тобто, щоб оптимізувати витрати на добрива, більше використовують біопрепарати, ніж добрива, тому що добрива завжди були дорожчими, навіть до війни. Зі спостережень фахівців, перше на чому економлять аграрії в сегменті добрив це регулятори росту і мікродобрива.

**Висновок.** В умовах скорочення обсягів внесення мінеральних добрив вагомим чинником підвищення родючості ґрунтів є: використання всіх наявних видів органічних добрив, торфу, сапропелю, завдяки цьому можна на 33% зменшити потребу в мінеральних добривах; збільшити у сівоzmінах присутність багаторічних бобових і злакових трав тощо. Нажаль, через військову та політичну ситуацію майже не можливо спрогнозувати щось в довготривалій перспективі. Проте, деякі виробники добрив зазначають, що попит на складні добрива знизиться, тому що там, де в минулі роки вносили достатньо фосфорно-калійних добрив, у ґрунті ще залишився відносний запас цих елементів. А також одною з причин зниження попиту на добрива буде мінування територій, через що робота аграріїв стає вкрай небезпечною.

Список використаних джерел

1. Филиппев И.Д. Влияние системы удобрения и длительного орошения на основные показатели плодородия почвы. Матер. междунар. научн. конф. «Оросительные мелиорации – их развитие, эффективность и проблемы». Херсон: ИОЗ УААН. 1993. С. 7-9.

2. Березюк С.В. Мінеральні добрива – основа підвищення урожаю. Вісник аграрної науки Причорномор'я. Миколаїв. 2001. Вип. 3. С. 84-89.

3. Господаренко Г.М. Продуктивність польової сівоzmіни залежно від показників родючості чорнозему опідзоленого. Вісник Харківського НАУ ім. В.В. Докучаєва. Серія «Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство». Харків. 2004. № 1. С. 158-162.

4. Державна служба статистики України. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/> (дата звернення: 08.10.2022).

5. Яцук І.П. Охорона ґрунтів як передумова розвитку і збереження аграрного сектору України. Охорона ґрунтів: зб. наук. праць. Спец. випуск. Матер. всеукр. наук.-практ. конф. «Охорона ґрунтів та підвищення їх родючості» (з нагоди Міжнародного року ґрунтів). Одеса, 16-17 вересня 2015 р. К.: ДУ «Інститут охорони ґрунтів України». 2015. С. 17-18.

УДК 631.333

## **ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧИХ ОРґАНІВ ДООБРІЗЧИКА ГИЧКИ КОРЕНЕПЛОДІВ**

*Лукач В. С.*

*Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України "Ніжинський агротехнічний інститут"*

**Постановка проблеми.** Основними напрямками розвитку бурякозбиральних машин нового покоління та технологій збирання врожаю

у світі є масовий перехід на потужні самохідні бункерні комбайни з ефективними очисними системами, які забезпечують підвищення продуктивності, зниження трудомісткості збиральних операцій та фізичного забруднення в сприятливих ґрунтових умовах [1].

Аналіз останніх досліджень. Для підвищення показників якості збирання гички коренеплодів запропоновано удосконалені конструкції робочих органів, які виконують послідовні операції зрізування загального масиву гички роторним гичкорізом з наступним видаленням залишків гички з головок коренеплодів дообрізчиком типу «пасивний копір-рухомий ніж» [2].

Мета досліджень: підвищення технологічності збирання коренеплодів шляхом розробки конструктивно-технологічної схеми удосконаленого робочого органу.

Результати досліджень. При всьому розмаїтті способів механічного видалення гички (зрізування, збивання, відривання, зминання і т.д.) найбільш поширеними є зрізування і відбивання.

Зрізування, при якому відокремлення гички відбувається в результаті різання лезом ножа застосовується, як для видалення основної маси гички, так і її залишків при дообрізуванні головок коренеплодів. Крім того, ножі (активні або пасивні) здійснюють зрізання гички, як правило без підпору, тобто без протирізальних елементів чи зустрічного руху ножів. Це обумовлено, перш за все, фізико-механічними властивостями цукрових буряків та технологією збирання гички.

Активні дискові різальні пристрої відомі давно.

Дискові ножі в основному використовуються в основній зоні бурякосіяння. Вони забезпечують задовільну якість обрізування при швидкості машини до 1,9 м/с, урожайності гички до 30 т/га, рівномірному розміщенні рослин в рядках і відносно поверхні поля.

Але є у дискових ріжучих пристроїв і недоліки: малий діапазон (0...100 мм) переміщення ножа по висоті, значна маса рухомих частин, складна конструкція механізму приводу, підвіски ножа та копіювального пристрою.

Роторні гичкозрізувальні пристрої складаються з вала, на якому шарнірно закріплені S-подібні ножі, набули великого поширення в Західній Європі. Більшість компаній, що займаються виробництвом бурякозбиральних машин, виготовляють їх з роторними фрезами ("Matrot", "Herriau", "Stoll", "Fahse", "Kleine" та ін.).

При роботі роторних гичкозрізувачів, гичка зрізується на одному рівні. Отже, виступання головок буряка, їх нерівномірність у рядку не впливають на якість роботи гичкозрізувача і вони розташовані таким чином, що основна частина гички зрізується рівно. Решта гички з головки коренеплодів очищається очисником головок коренеплодів.

У більшості французьких бурякозбиральних комплексів („Herriau”,

„Moreau”), а також німецькому комплексу „Stoll” застосовується гичкозбиральний механізм, в якому першу операцію – попереднє обрізування гички, виконує горизонтальний роторний гичкоріз з шарнірно підвішеними ножами, як у бурякозбиральній машині KR-6 [3].

Але в цій групі машин доочищення головок відбувається тільки дообрізчиком, який виконано в вигляді пасивного ножа та пасивного копіра.

Найбільше поширення в машинах італійських фірм (“Barigelli”, “Rimesco”, “Guaresi” та ін.) з отримав механізм для збирання гички з попереднім обрізанням її основної маси горизонтальним роторним гичкозрізувачем з шарнірними ножами

На основі аналізу гичкозрізувальних апаратів найбільших бурякосіючих країн світу запропоновано удосконалити гичкозрізувальний пристрій, шляхом встановлення ножа на вісь обертання та підпружинювання його пружиною, і обмеження його руху упорами, що забезпечує різання з ковзанням і за рахунок цього підвищується якість зрізування головок коренеплодів цукрових буряків на корені.

Гичкозрізувальний пристрій складається з рами, на якій за допомогою паралелограмної підвіски кріпляться гребінчастий копір і ніж, встановлений на осі, переміщення якого обмежені упорами. До паралелограмної підвіски пластинкою прикріплена пружина, відігнуті кінці якої з’єднані з ножем.

При русі гичкозрізувального пристрою вздовж рядків цукрових буряків, при попередньо високо зрізаною гичкою на одному рівні від поверхні ґрунту гребінчастий копіювальний апарат наїжджає на головки коренеплодів, копіює їх і за допомогою паралелограмної підвіски передає ці рухи ножу. У процесі зрізання головок коренеплодів із залишками гички ніж відхиляється на вісі до упору, виконуючи різання з ковзанням. Зрізавши головку коренеплоду ніж пружиною повертається у попереднє положення.

Гичкозрізувальний пристрій з такою конструкцією ножа, що дозволяє зрізати головки коренеплодів з просковзуванням їх вздовж леза ножа, виконує цей процес значно “м’якше” ніж “жорстким” ножем рубанням і дозволяє покращити якість поверхні зрізу коренеплоду, отримуючи меншу кількість стружки.

Відповідно до поставлених завдань, програма експериментальних досліджень передбачала визначення ступеня пошкодження коренеплодів від зміни динамічного навантаження різними поверхнями співудару.

Ступінь пошкодження коренеплодів визначали шляхом їх кидання з різної висоти на поверхні робочих органів, при цьому, визначаючи швидкість ударної взаємодії. Оскільки швидкість ударної взаємодії є величиною сталою, то кутову швидкість її обертання визначали через радіус периферії робочого органу. За цією методикою проводили експериментальні дослідження виключно для оцінки глибини ураження тіла коренеплодів.

Коренеплоди викопували вручну і зважували на вагах.

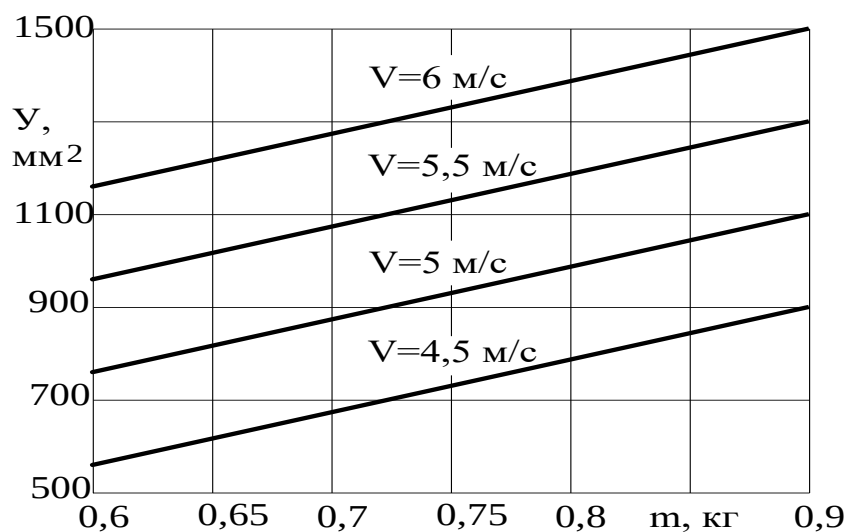


Рис.1. Залежності впливу маси коренеплодів  $m$  на пляму контакту при різних швидкостях ударної взаємодії

Розрахунок економічних показників проводили з визначенням додаткового економічного ефекту від зменшення кількості суттєвих пошкоджень коренеплодів та їх засміченості, а також з урахуванням витрат на транспортування буряків до бурякопункту.

Висновок. Домінуючим фактором, що впливає на площу плями контакту тіла коренеплоду, тобто на їх пошкодження є швидкість ударної взаємодії коренеплоду з поверхнею контакту. Застосування розробленого додаткового дообрізчика залишків гички на головках коренеплодів дозволить зменшити витрати праці за рахунок збільшення ступеню дообрізання залишків гички.

#### Список використаних джерел

1. Погорілий М.Л. Аналіз напрямків розвитку та ефективності сучасних бурякозбиральних машин // Удосконалення системи машин та випробувань сільськогосподарської техніки: Зб. наук. робіт. Дослідницьке: УкрЦВТ. 1993. С. 186-198.
2. Хелемендик М.М. Напрями і методи розробки робочих органів сільськогосподарських машин. К.: Аграрна наука, 2001. 280 с.
3. Гречка В., Войтюк П., Куліш В. Сучасні тенденції розвитку конструкцій для збирання цукрових буряків. Пропозиція. 2003. № 11. С. 96-98.

УДК 631.

## ТЕНДЕНЦІЇ ЗБИРАННЯ ТА ПІСЛЯЗБИРАЛЬНОЇ ДОРОБКИ ЯГІД

*Мартишко В. М., Вакуленко А. А.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Постановка проблеми. На сучасному етапі збирання ягідних культур часто проводять вручну. Значні трудові затрати (65...70 % від загальних) обумовлюють високу собівартість продукції і низький рівень рентабельності. Тому важливим фактором підвищення продуктивності є застосування машин і механізмів.

Аналіз останніх досліджень. Сучасний прогрес у садівництві пов'язаний із ягідниками нового типу. Незважаючи на те, що найбільшу товарність і найменше травмування продукції може забезпечити ручний спосіб збирання, у випадку застосування сучасних інтенсивних технологій можливе ефективне застосування машин. За всіма способами збирання і післязбиральної доробки ягід повинні забезпечуватись мінімальні механічні пошкодження продукції.

Мета досліджень – вивчити сучасні тенденції застосування машин в процесі збирання і післязбиральної доробки ягід

Результати досліджень. На протязі останніх років в Європі, а також окремих господарствах України, чорну і червону смородину, малину збирають ягодозбиральними комбайнами. Паралельно з новими конструкціями комбайнів були виведені нові сорти, фізико-механічні властивості яких пристосовані до механізованого збирання. Платтації ягідників мають бути закладені з шириною рядів 3,5...4,0 м, що дозволяє вільно виконувати всі агротехнічні прийоми. Відстань між рослинами в ряду складає 0,4...0,6 м для правильного формування кущів з мінімальною кількістю відгалужень вздовж ряду, які можуть пошкоджуватись в процесі проходження техніки. На ділянках значної довжини, для забезпечення зібраних плодів, необхідно приблизно через кожні 300 м залишати смуги шириною 4...6 м. Ширина смуг для розворотів техніки в кінці рядків має бути не менше 6...8 м, що дасть можливість вільно маневрувати агрегатам при виїзді в суміжний ряд платтації.

Основними робочими елементами комбайнів для збирання смородини являються: агрегат що підбирає і розділяє кущ, струшувач, а також пристрої для переміщення і очищення ягід від домішок. Сучасні комбайни побудовані як самохідні агрегати з дизельними двигунами потужністю більше 50 кВт.

Ходова частина, механізми для струшування ягід, конвеєри для переміщення ягід, вентилятори приводять в дію гідромоторами. Це дає можливість плавно регулювати робочі параметри: частоту і амплітуду



струшувача і швидкість обертання вентилятора. Розмір простору, в якому комбайн дістає до основи кущів (тобто робочий зазор) контролюють при допомозі механізму саморегулювання для адаптації його шири і ширини кущів. Повнота знімання ягід з кущів складає більше 95 %, обслуговують комбайн машиніст і два допоміжні працівники. За сезон такий комбайн може зібрати ягоди з 30...50 га.

Після збирання ягід машинами, плодоягідна продукція яка надходить із саду, часто не відповідає товарним якостям.

Для реалізації плоди конкретного помологічного сорту повинні відповідати вимогам, а саме бути: стиглими, цілими, здоровими, без зайвих домішок, пошкодження шкідниками не більше 2%.

Післязбиральна доробка ягід включає попереднє очищення, інспекцію, сортування і калібрування.

Попереднє очищення це відокремлення легких домішок, які за аеродинамічними властивостями відрізняються від основної продукції коефіцієнтом парусності.

Інспекція це огляд сировини з відбраковуванням непридатних до переробки екземплярів (битих, гнилих, запліснявілих), видалення пошкоджених ділянок, сторонніх домішок. Іноді інспекцію ягід проводять вручну на столах, але найчастіше – на полотні стрічкового або роликового транспортера, що рухається зі швидкістю 0,005...0,1 м/с. Ширина робочого місця складає 0,8...1,2 м.

Стрічкові транспортери – стрічка, на якій плоди оглядаються робітниками і видаляються непридатні. В процесі роботи з боків транспортера стоять робітники з таким розрахунком, щоб вони могли легко дістати плоди з середини стрічки і щоб відстань між ними знаходилася в межах 0,8...1,2 м. По обидва боки рухомого полотна транспортера розміщені нерухомі столи із жолобами для відходів.

Сортування це розділення сировини на однорідні за кольором, формою і ступенем стиглості ягід. Для одержаних партій можна застосувати певні режими теплової і механічної обробки з урахуванням ступеня стиглості, форми та розміру сировини.

Калібрування це процес розділення ягід на однакові за розмірами фракції, з метою надання їм товарного вигляду, полегшення проведення наступних операцій і процесів реалізації.

Калібрування ягід можна здійснювати на решетах з відповідними діаметрами отворів. Ягоди з меншими розмірами проходять через отвори, з більшими – сходять з решета. Решета змінні в залежності від розмірів ягід.

Для калібрування дрібних кісточкових плодів на деяких випадках застосовують сита з отворами 3...4 розмірів, що здійснюють поступальні рухи.

Сортування за кольором – один з прогресивних способів де сортування відбувається залежно від відтінків кольору, які мають плоди.

Висновки. В залежності від способів збирання ягід, помологічного сорту, ступеня засміченості домішками і подальшого використання ягід потрібно вибирати відповідний спосіб, послідовність виконання технологічних операцій та машини для їх виконання.

УДК 631.32

## СИСТЕМИ ДОГЛЯДУ ЗА ҐРУНТОМ У САДАХ

*Мартишко В. М., Десяк О. О.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Постановка проблеми. Належне утримання ґрунту в садах є необхідною умовою вирощування плодів і ягід. Система утримування ґрунту в міжряддях і пристовбурних смугах саду включає комплекс агротехнічних заходів, спрямованих на збереження та підвищення його родючості і отримання максимального врожаю.

Аналіз останніх досліджень. Залежно від ґрунтово-кліматичних умов застосовують різні системи утримування ґрунту. Найбільше поширення у виробництві здобули: парова, паро-сидеральна та дерново-перегнійна.

Мета досліджень – вивчити сучасні системи догляду за ґрунтом в садах

Результати досліджень. При паровій системі ґрунт у міжряддях протягом усього вегетаційного періоду завдяки застосування ґрунтообробних знарядь утримують в розпушеному стані. Періодичний обробіток забезпечує знищення бур'янів, сприяє поліпшенню водного повітряного та поживного стану.

Останнім часом така система догляду за ґрунтом не рекомендована, вона призводить до руйнування структури ґрунту, мінералізації гумусу, посилення водної та вітрової ерозії, а також до порушення біологічних процесів.

У разі використання парової системи рекомендується через кожні 2–3 роки висівати сидеральні (покривні) застосовуючи короточасне задерніння ґрунту. Парова система рекомендована для зон із недостатньою кількістю вологи.

Осінній обробіток проводять, як правило, після збирання врожаю, із внесенням органічних та мінеральних добрив. Глибина обробітку залежить від типу ґрунту і глибини залягання кореневої системи дерев. У садах на сильнорослих підщепах вона становить 18–20 см, а у насадженнях на слаборослих підщепах проводять дискування на глибину 10–12 см.

Весняно-літній виконують поверхневий обробіток ґрунту на глибину 10–12 см і знищують бур'яни.

У зрошуваних насадженнях ґрунт розпушують після поливу, а також після поверхневого внесення мінеральних добрив. При цьому бур'яни потрібно підрізати й заправляти в ґрунт не менше ніж на 95%. Для попередження утворення плужної підшви рекомендується проводити дискування на глибину 6–8 см. Дискування малоефективне в боротьбі з кореневищними бур'янами, тому його треба поєднувати з використанням культиваторів із пружинними та стрілочастими робочими органами. Після тривалого дискування на заданій глибині утворюється ущільнений шар ґрунту, який руйнують за допомогою культиваторів-розпушувачів на глибину до 20 см.

Для розпушування ґрунту в весняно-літній період використовують відомі садові дискові борони БДС-2,5, БДТ-3 або дисковий агрегат загального призначення АГ-2,4, садові культиватори типу КСГ-5, а також машини розроблені в Інституті садівництва НААН – дискові борони БДС-2,3, БДСВ-3,2 і культиватори КСМ-2 і КПС-1.

При паро-сидеральній системі із достатнім зволоженням, але відсутністю можливості вносити необхідну кількість органічних добрив застосовують паро-сидеральну систему утримування ґрунту

Вона передбачає вирощування сидератів у міжряддях насадження та заправлення їх в ґрунт. Ця система покращує його агробіологічний стан і сприяє життєдіяльності ґрунтових мікроорганізмів, що позитивно впливає на врожайність і якість плодів.

Сидеральні культури повинні бути тіньовитривалими, швидко відновлюватися після скошування та утворювати у короткий строк велику кількість зеленої маси, яка багата на поживні речовини та легко розкладається у ґрунті. На зелене добриво придатні такі культури: біла гірчиця, білий люпин, вико-вівсяна суміш, горох і фацелія. За сприятливих умов вирощування в їх коренях накопичується 70–150 кг/га азоту, тобто стільки, скільки міститься в 21–45 кг аміачної селітри.

Висівають сидерати у другій половині літа або восени в добре підготовлений вологий ґрунт, заправляючи на глибину 10–12 см у період їх цвітіння, за винятком ячменю й жита, які треба заорювати під час виколошування. У ці фази розвитку зелена маса найбільш ніжна і легко розкладається у ґрунті. З метою більш рівномірного розподілу її скошують, подрібнюють садовими косарками і в подальшому заправляють у ґрунт за допомогою плугів або дискових борін. На жаль, використання сидеральних рослин може спричинювати прискорену втрату вологи, тому в районах із недостатнім зволоженням при відсутності зрошувальних систем застосування системи утримування ґрунту недоцільне.

При паро-сидеральній системі у міжряддях насадження після закінчення формування крон дерев проводять залуження багаторічними злаковими травами.

Під час їх висіву ґрунт має бути достатньо щільним, щоб не залишалася колія від посівного агрегату. При виборі насіння перевагу необхідно віддавати травам, які утворюють неглибоку мичкувату кореневу систему. Висів потрібно виконувати в кінці літа з внесенням азотних добрив (100–120 кг/га). Починаючи з другого року, після нього траву періодично (три-чотири рази) скошують, не допускаючи її відростання вище 20 см. Подрібнена трава розподіляється по поверхні ґрунту, утворюючи мульчувальний шар. Він стабілізує структурний і температурний режим поверхні, сприяючи підвищенню родючості ґрунту.

У залужених садах поліпшується прохідність машин після випадання опадів, що сприяє проведенню робіт в оптимальні агротехнічні строки. Для скошування та подрібнення трави використовують садові роторні косарки і мульчувачі.

При догляді за ґрунтом у пристовбурних смугах найбільш поширеним є чорний пар, який утримується за допомогою механічних пристроїв або внесення гербіцидів.

Застосування механічних засобів із фрезерними, дисковими або плоскоріжучими робочими органами забезпечує розпушування ґрунту і знищення бур'янів. Крім цього, перші два типи пристроїв можуть заправляти бур'яни і попередньо внесені органічні та мінеральні добрива, що додатково створює сприятливі умови для розвитку рослин. Останнім часом у зв'язку з переходом галузі на інтенсивні технології виробництва можливість застосування механічних пристроїв обмежується.

У таких насадженнях набагато простіше боротися з бур'янами за допомогою гербіцидів. Внесення гербіцидів у пристовбурні смуги виконують за допомогою гербіцидної приставки, що монтується на садовий обприскувач.

Альтернативним способом утримування пристовбурних смуг є укриття їх шаром мульчі. Мульчувальними матеріалами можуть бути тирса, стружка, подрібнена деревина, трава, солома або їх суміші.

Такий спосіб значно зменшує випаровування вологи, запобігає утворенню ґрунтової кірки, пригнічує проростання бур'янів, захищає кореневу систему дерев від підмерзання взимку, покращує їх живлення, сприяє поліпшенню структури ґрунту і прискорює протікання мікробіологічних процесів у ньому. Мульчування пристовбурних смуг підвищує продуктивність дерев на 20–30%.

Таким чином, система утримування ґрунту в садах є одним із найважливіших заходів з догляду за ними, від якого значною мірою залежать ріст, урожайність, а також якість, лежкість і собівартість плодів.

Висновок. Рациональну системи утримування ґрунту в садах повинні вибирати спеціалісти з урахуванням існуючої практики та наявності або можливості придбання необхідних машин.

УДК 631.331.922

## **ТЕХНОЛОГІЯ ОЗОНУВАННЯ В ПРОЦЕСІ ПРОТРУЮВАННЯ НАСІННЯ**

*Вечера О. М.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*Куянов В. В.*

*Національний університет харчових технологій*

Сучасні господарства зменшують інтенсивність виробництва з використанням високоякісного насіння, та сподіваються, що така стратегія означатиме нижчу якість врожаю, але забезпечить його достатній обсяг.

Тому підготовку насіння для посіву (очистку, калібровку та протруювання) господарства проводять часто самостійно для здешевлення цих процесів.

Але при тривалому зберіганні зерна в силосі або буртах спостерігається розмноження в ньому різних мікроорганізмів та пліснявих грибків. Внаслідок їх життєдіяльності в зерновій масі накопичуються токсини, які призводять до швидкого псування насіннєвого матеріалу. Для запобігання мікробіологічному зараженню зерна потрібно здійснювати його знезараження. Як правило, для цього використовується метод хімічного знезараження за допомогою отрутохімікатів.

Проведені в останні десятиліття дослідження показали, що метод хімічного знезараження не завжди забезпечує необхідну ефективність дезінфекції зерна. Було виявлено, що у деяких типів мікроорганізмів, присутніх в зерні, спостерігається збільшення стійкості до дії отрутохімікатів, що використовуються в процесі його знезараження.

Тобто для досягнення необхідної ефективності знезараження необхідно застосовувати підвищені дози протруйників, або використовувати нові більш ефективні та дорогі хімічні препарати, які мають високу токсичність. Крім того, існує межа використання отрутохімікатів, після якого подальше їх використання стає небезпечним.

Результати аналізу технологічних і технічних рішень машин для нанесення рідких пестицидів на насіння сільськогосподарських культур та теоретичних досліджень передумов реалізації цього процесу свідчать, що підвищення якості обробки насіння досягається за рахунок змін в процесі за допомогою використання електрофізичних методів.

Постало питання пошуку такого методу знезараження, який би мав високу ефективність та крім того, його впровадження не викликало б великих капітальних витрат. Одним із таких методів є знезараження зерна за допомогою озонування [1, 2, 3].

При застосуванні озонування слід прийняти до уваги, що для здійснення знезараження зерна не потрібно застосування жодних додаткових реагентів – озон утворюється безпосередньо з атмосферного повітря та для його утворення необхідно лише підключити установку до електромережі.

Також слід врахувати, що озон відноситься до екологічно безпечних речовин. Він дуже швидко (протягом кількох десятків хвилин) перетворюється на звичайний кисень, не завдає жодної шкоди здоров'ю людини або навколишньому середовищу.

Озон взаємодіє з мембранною структурою клітини бактерій, грибів, структурною одиницею вірусів, що призводить до порушення її бар'єрної функції та їхньої загибелі.

Взаємодія озону з рослинним матеріалом викликає у ньому зниження енергетичного рівня зв'язків вологи, прискорює процес його підсушування та підвищує ефективність.

Так, сушіння зерна в озono-повітряному середовищі крім ефективного знезараження забезпечує та покращує якісні показники зерна, а також покращує показники схожості.

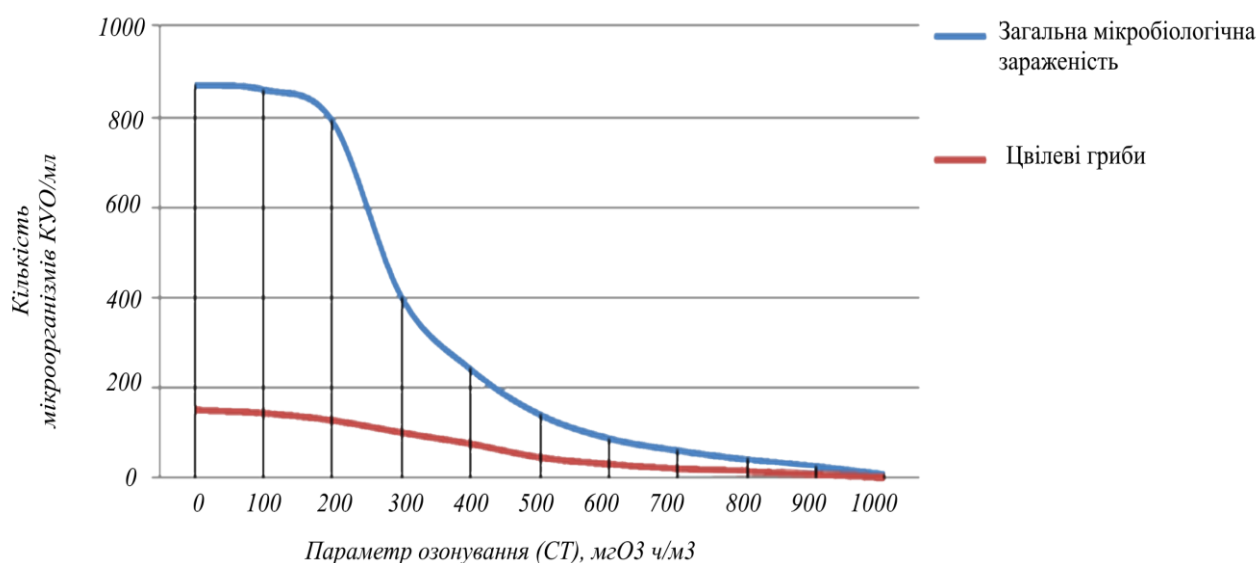


Рис. 1. Ефективність знезараження зерна озonom.

Як видно з Рис.1 при досягненні параметра озонування значення СТ 650...700 мгО<sub>3</sub>·год/м<sup>3</sup>, кількість мікроорганізмів, що перебувають у зерні, зменшується приблизно в 9...10 разів, у цвілевих грибів – у 6...7 разів. Стійкий ефект зберігається в протягом кількох тижнів, при цьому знижується сприйнятливості зерна до різних видів інфекцій та захворювань, у тому числі і до сажкових хвороб [4].

У зв'язку з цим розроблена нова вдосконалена конструкція протруювача інерційно-фрикційного типу, яка має значно подовжену

камеру протруювання з встановленим зовні потужним джерелом озону, яке забезпечує необхідну концентрацію озону за допомогою кільцевого потоку повітряно-озонової суміші знизу вгору камери для мінімального витoku назовні. При проходженні через насіння, яке рухається зверху вниз відбувається активний контакт з його поверхнею (продувка насіння).

Використання озону для обробки зерна в протруювачах, дозволяє забезпечити його більш якісний захист від різних шкідників та мікроорганізмів, а також забезпечити надійне його зберігання та збільшення схожості насіння без використання додаткових токсичних протруйників і таким чином підвищується загальна ефективність процесу протруювання. Також слід врахувати, що озон відноситься до екологічно безпечних речовин.

#### Список використаних джерел

1. Долговых О.Г. Экологически безопасная предпосевная обработка семян яровой пшеницы / О.Г. Долговых, В.Н. Огнев. Инженерный вестник Дона. 2014. Т. 31. № 4. С. 7.
2. Ерохин А. И., Цуканова З. Р. Физические методы предпосевной обработки семян и эффективность их. Зернобобовые и крупяные культуры. 2014. Т. 11. № 3. С. 84–88.
3. Нормов, Д. А. Электроозонные технологии в семеноводстве и пчеловодстве: автореф. дис. д. т. н. 05.20.02. Нормов Дмитрий Александрович. Краснодар, 2009. 36 с.
4. Обеззараживание зерна озоном. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.ukrengineer.com/artic\\_agro.html](http://www.ukrengineer.com/artic_agro.html).

УДК 514.18

## **ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ВИТКІВ ШНЕКІВ ІЗ ЛИСТОВИХ ЗАГОТОВОК**

*Пилипака С. Ф., Хропост В. І.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України  
Захарова І. О.*

*Сумський державний педагогічний університет імені А. С. Макаренка*

Шнеки є розповсюдженими гвинтовими робочими поверхнями у сільськогосподарських машинах. Існують різні технології їх виготовлення, одна із яких – формування витка із заготовки у вигляді плоского кільця. Проблема полягає в тому, що шнек є поверхнею нерозгортною, тобто його не можна зігнути у плоску деталь. Відповідно і плоску заготовку проблемно деформувати у виток шнека.

Огляд технологій виготовлення витків шнеків та відповідного обладнання виконано в статті [1]. В ній представлено багатоваріантну структуру і класифікацію схем формоутворення гвинтових секційних заготовок штампозварним методом, в тому числі розтягуванням розрізних шайб із листового матеріалу на крок. В праці [2] розглянуто різні технології виготовлення спіралей шнеків, а в праці [3] – техніко-економічне обґрунтування вибору цих технологій.

Мета досліджень. На основі неперервного згинання витка шнека у поверхню обертання розробити рекомендації по деформуванню плоскої заготовки у готовий виріб.

Поверхня шнека є нерозгортною поверхнею, отже виток шнека неможливо зігнути так, щоб він став плоским, не спричинивши при цьому значних пластичних деформацій. Однак із плоских заготовок формують витки шнеків. Найбільш точно це виходить з допомогою штамповки, при якій і здійснюються ці пластичні операції. Якщо ж виток виготовлять способом розтягування заготовки у вигляді плоского кільця, то отримана поверхня дещо відрізнятиметься від потрібної форми.

В довідковій літературі і в Інтернеті є розрахункові формули для побудови наближеної розгортки витка шнека. Вони базуються на тому, що довжини внутрішньої і периферійної гвинтових ліній витка шнека мають бути рівними довжинам внутрішнього і зовнішнього кола плоского кільця – заготовки витка. При цьому вводиться припущення, що різниця між радіусами циліндрів, на яких розташовані внутрішня і зовнішня гвинтові лінії, і різниця між радіусами аналогічних кіл кільця мають бути рівними (рис. 1).

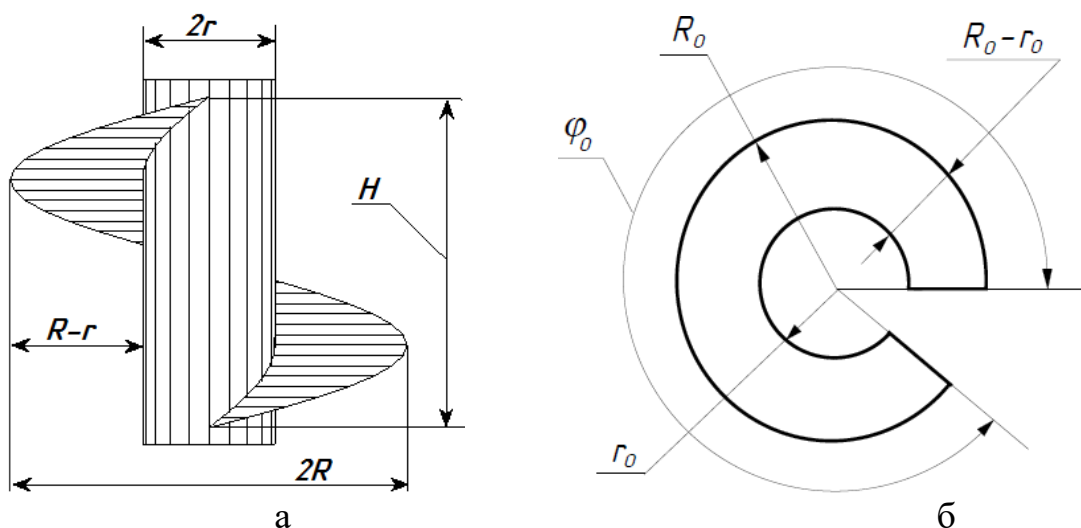


Рис. 1. Графічні ілюстрації до побудови умовної розгортки витка шнека: а) фронтальна проекція витка із зазначеними розмірами; б) умовна розгортка витка.



В результаті виконання цих умов отримано розрахункові формули для побудови наближеної або умовної розгортки витка шнека:

$$r_0 = \frac{r^2 + h^2 + \sqrt{(R^2 + h^2)(r^2 + h^2)}}{R + r}; \quad \varphi_0 = \frac{2\pi}{R - r} \left( \sqrt{R^2 + h^2} - \sqrt{r^2 + h^2} \right), \quad (1)$$

де гвинтовий параметр  $h$  визначається через крок  $H$  шнека:  $h = H/2\pi$ .

Із диференціальної геометрії відомо, що всяку гвинтову поверхню можна зігнути на поверхню обертання. У праці [4] наведені параметричні рівняння неперервного згинання поверхні шнека у поверхню обертання, яка відома під назвою катеноїд. Вони мають вигляд:

$$\begin{aligned} X &= \sqrt{u^2 + h^2 - p^2} \cos \left[ \varphi - \operatorname{arctg} \frac{pu}{\sqrt{(h^2 - p^2)(u^2 + h^2)}} \right]; \\ Y &= \sqrt{u^2 + h^2 - p^2} \sin \left[ \varphi - \operatorname{arctg} \frac{pu}{\sqrt{(h^2 - p^2)(u^2 + h^2)}} \right]; \\ Z &= \frac{\sqrt{h^2 - p^2}}{2} \ln \frac{\sqrt{u^2 + h^2} + u}{\sqrt{u^2 + h^2} - u} + p\varphi, \end{aligned} \quad (2)$$

де  $u$ ,  $\varphi$  – незалежні змінні поверхні, причому  $u$  змінюється в межах  $u=r \dots R$ ;  $\varphi$  змінюється в межах  $\varphi=0 \dots 2\pi$ ; стала  $p$  впливає на форму поверхні.

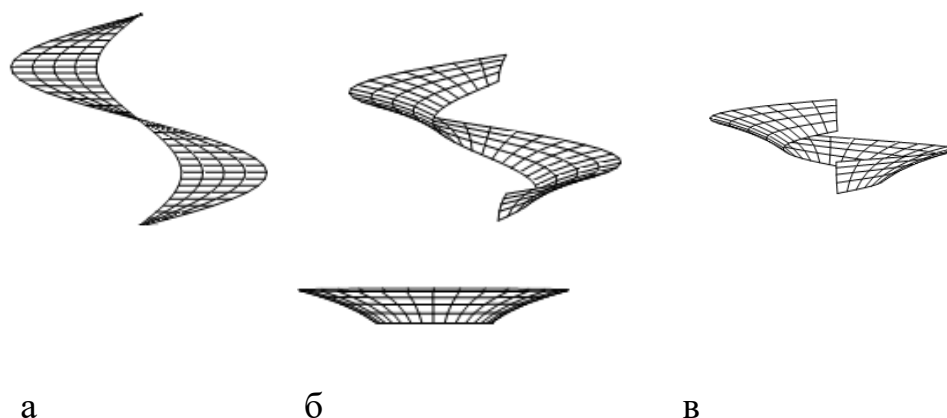


Рис. 2. Фронтальні проекції окремих положень неперервного згинання шнека за параметричними рівняннями (2) при  $r=20$ ,  $R=60$ ,  $h=15,9$ : а)  $p=15,9$ ; б)  $p=10$ ; в)  $p=5$ ; г)  $p=0$ .

При значенні параметра  $p$  в межах  $h \leq p \leq 0$  можна побудувати скільки завгодно проміжних положень поверхні при її згинанні. На рис. 2 за параметричними рівняннями (2) побудовані фронтальні проекції шнека при його згинанні в катеноїд для різних значень параметра  $p$ . Як видно із рис. 2, при поступовому згинанні шнека зменшується його крок, він залишається гвинтовою поверхнею, але відмінною від початкового положення і при  $p=0$  перетворюється у відсік катеноїда. Цей відсік можна апроксимувати

зрізаним конусом і шукати його розгортку. Дослідження показали, що знайдені таким чином параметри розгортки практично збігаються із параметрами, отриманими за формулами (1).

Очевидно, що в зворотному порядку відсік катеноїда можна розтягнути у виток шнека. Замість відсіку катеноїда можна розтягувати зрізаний конус.

Висновки. Застосування теорії неперервного згинання шнека у катеноїд дозволяє удосконалити спосіб виготовлення шнеків за допомогою примусового розтягування зварених між собою плоских кілець. Катеноїд, який є поверхнею обертання, можна апроксимувати зрізаним конусом. Розтягувати потрібно не зварені плоскі кільця, а зігнуті із них зрізані конуси, зварені між собою. Такий спосіб відповідає теорії неперервного згинання. Точність апроксимації катеноїда зрізаним конусом залежить від діаметра вала шнека: чим більший діаметр, тим більша точність апроксимації.

Список використаних джерел

1. Васильків В.В. Технології виготовлення секційних гвинтових заготовок. Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. 2012. Вип. 25(2). С. 334–342. Режим доступу: [http://www.kntu.kr.ua/doc/zb\\_25\\_2/stat\\_25\\_2/58.pdf](http://www.kntu.kr.ua/doc/zb_25_2/stat_25_2/58.pdf).

2. Гевко Б.М. Технология изготовления спиралей шнеков. Львів: Вища школа. Изд-во при Львов, ун-те, 1986. 128 с.

3. Гевко І. Б. Техніко-економічне обґрунтування вибору способу виготовлення вигнутого профілю на гвинтових спіралях / І.Б. Гевко, О.О. Гарматюк, Г.С. Нагорняк, А.Б. Гупка // Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. Вип. 168. Ресурсозберігаючі технології, матеріали та обладнання у ремонтному виробництві. 2016. С. 97–103.

4. Пилипака С.Ф. Неперервне згинання катеноїда в гвинтовий коноїд. Прикл. геометрія та інж. графіка. К.: КДТУБА, 1998. Вип. 63. С. 80–83.

УДК 631.331.922

## МОДЕРНІЗАЦІЯ УНІВЕРСАЛЬНОГО ПРОТРУЮВАЧА НАСІННЯ

*Вечера О. М.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*Куянов В. В.*

*Національний університет харчових технологій*

Аналіз розвитку виробництва зернових показує, що одним з визначальних факторів стабілізації його ефективності залишається висока

технологічна дисципліна. При цьому недосконалість технологій і технічних засобів хімічного захисту рослин від шкідників і хвороб, а також недотримання інших агротехнічних і технологічних вимог, призводять до надлишкового вмісту пестицидів у ґрунті, забруднення водоймищ і ґрунтових вод, пригнічення життєдіяльності ґрунтових мікроорганізмів, знищенню корисної мікрофлори. Одним з шляхів поліпшення даної ситуації є покращення передпосівної обробки насіння зернових.

Знезаражування насіння сільськогосподарських культур від шкідників та збудників хвороб шляхом обробки його отрутохімікатами, яке є однією з основних та обов'язкових операцій в комплексі заходів підготовки насіння до сівби, підвищує врожайність, наприклад зернових культур на 15-20%, кукурудзи – на 7-12% тощо [2].

Основні показники якості протруювання насіння – рівномірність і повнота обробки його отрутохімікатами, травмування насінин робочими органами машин – визначальною мірою залежать від досконалості технічних засобів, та відповідності їх техніко-технологічних характеристик сучасним вимогам.

Сучасний світовий ринок машин для протруювання - це переважно камерні, шнекові і ротаційні машини, виготовлені у модифікаціях періодичної чи неперервної дії, стаціонарні і пересувні.

Процес обробки насіння отрутохімікатами протруювачі шнекового типу здійснюють шнеками з вивантаженням насіння із протруювача. Аналогічно протікає цей процес і в камерних протруювачах, які окрім того здійснюють попередню обробку насіння отрутохімікатом в камері протруювання. Наявність шнекового робочого органа в цих протруювачах є основною причиною їх недоліків (травмування насіння, налипання препарату на робочі органи і втрати його частини, трудомісткості очищення їх від залишків насіння та домішок до нього і залишків препаратів).

Ротаційні протруювачі не травмують насіння, забезпечують більш високу якість обробки, проте працюють лише в періодичному режимі.

Розроблений раніше інерційно-фрикційний протруювач неперервної дії на сьогодні є найбільш досконалим – він не травмує насіння, навіть гороху, сої, соняшника, ріпаку та ін., самоочищається від залишків препаратів, забезпечує високу продуктивність і якість обробки насіння.

Протруювач інерційно-фрикційної дії здійснює неперервну обробку насіння за такою схемою: насіння з бункера протруювача надходить самопливом через дозуючу горловину по встановленому під нею розподільнику на дно обертового конічного робочого органа, куди під конус подається робоча рідина, яка під дією відцентрових сил розтягується в плівку на дні і зустрічається з насінням, яке обертаючись навколо своєї осі, відбирає своєю поверхнею препарат. Оброблене таким чином насіння самопливом вивантажується через випускную горловину але нанесений

препарат не встигає утворити стійку тверду плівку за браком часу для цього і високої вологості повітря всередині камери протруювання.

Як показав аналіз конструктивно-технологічних параметрів цих протруювачів, вони потребують вдосконалення, особливо в напрямку забезпечення можливостей безпосереднього використання їх у фермерських господарствах, які до сьогодні змушені користуватися шнековим протруювачем ПНШ-3, що є модифікацією знятого з виробництва ще у 70-х роках XX століття протруювача ПСШ-3 [3].

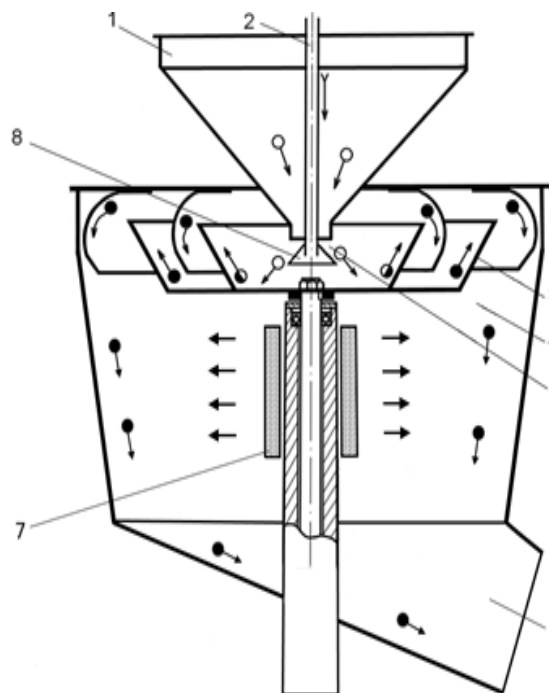


Рис. 1. Робочий процес модифікованого протруювача інерційно-фрикційного типу ПНУ-10: 1 – бункер; 2 – трубка подачі робочої рідини; 3 – чашоподібний змішувач; 4 – камера протруювання; 5 – дозатор насіння; 6 – вивантажувальна горловина; 7 – ультрафіолетовий електровипромінювач; 8 – конічний розподільник.

У зв'язку з цим розроблена нова вдосконалена конструкція протруювача інерційно-фрикційного типу (рис. 1), яка має значно подовжену камеру протруювання з встановленим всередині потужним інфрачервоним джерелом опромінення, яке забезпечує швидкий нагрів поверхні протруєного насіння і підсушування його в процесі руху. Одночасно відбувається ультрафіолетове опромінення (фото стимуляція) насіння.

Внаслідок цього утворюється більш тверда плівка робочої рідини на поверхні, вона більш стійка до стирання, утримує більшу кількість пестицидів на кожній насінині і таким чином підвищується загальна ефективність обробки і підвищується загальна врожайність культури. Також значна ефективність по збільшенню схожості була досягнута в дослідях по

використанню фото стимуляції насіння найбільш поширених на території України сільськогосподарських культур – буряка, ячменю, сої, озимої пшениці, кукурудзи [1].

Список використаних джерел

1. Одилбеков К.М., Акназаров О.А. Влияние предпосевной обработки семян УФ-лучами разной длины волны на ростовые процессы, уровень гормонов и продуктивность растений. Доклады Академии наук Республики Таджикистан. 2007. Т. 50. № 2. С. 165-170.

2. Сергій Кнечунас Авіцена – вдалий старт на шляху до якісного та високого врожаю. Кнечунас Сергій. Агроном. 2016. № 3. С. 82-84.

3. Тримбач С. П., Вечера О. М. Сучасний стан та перспективи розвитку машин для протруювання насіння с.-г. культур. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. 2011. Вип. 41. С. 406-413.

УДК 631.331

## **РОЗМІЩЕННЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ТА ШВИДКІСТЬ РУХУ АГРЕГАТУ ДЛЯ СМУГОВОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ: ЯКІСНІ ТА ЕНЕРГЕТИЧНІ ПОКАЗНИКИ РОБОТИ**

*Дворник А. В.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Дослідженню конструкційно-технологічних параметрів взаємного розміщення робочих органів агрегатів для смугового обробітку ґрунту і їх впливу на якісно-енергетичні показники в умовах України не приділено достатньої уваги.

Мета досліджень. Підвищення ефективності застосування агрегатів для смугового обробітку ґрунту шляхом обґрунтування конструкційно-технологічних параметрів взаємного розміщення робочих органів на секції.

За планом трьохфакторного експерименту проведено дослідження з урахуванням глибини обробітку глибокорозпушувачем  $H$ , см, відстані між відрізними дисками  $B$ , см, швидкості руху  $V$ , км/год, із незмінними значеннями відстані від глибокорозпушувача до осі переднього диска  $L = 50$  см, відстані від глибокорозпушувача до осі відрізнних дисків  $C = 50$  см, заглиблення відрізнних дисків  $h = 16$  см. Результати досліджень середньої поперечної нерівності  $B_{\phi}$ , %, середньої грудкуватості  $N_{\phi}$ , %, середньої витрати палива  $G_{\phi}$ , л/га та середнього значення узагальненого показника  $\gamma$ , л/га. наведені в табл. 1.

Таблиця 1. Результати досліджень впливу глибини обробітку  $H$ , відстані між відрізними дисками  $B$  та швидкості руху агрегату  $V$  на якісно-енергетичні показники обробленої смуги

| № досліджу | Глибина глибокорозпушувачем, $H$ |    | Відстань між відрізними дисками, $B$ |    | Швидкість руху, $V$ |        | $B_{\text{ф}}$ , % | $N_{\text{ф}}$ , % | $G_{\text{ф}}$ , л/га | $\gamma$ , л/га |
|------------|----------------------------------|----|--------------------------------------|----|---------------------|--------|--------------------|--------------------|-----------------------|-----------------|
|            | код                              | см | код                                  | см | код                 | км/год |                    |                    |                       |                 |
| 1          | +1                               | 27 | +1                                   | 30 | 0                   | 7,5    | 31,5               | 24,5               | 13,3                  | 22,8            |
| 2          | -1                               | 13 | -1                                   | 10 | 0                   | 7,5    | 10,1               | 16,1               | 10,3                  | 10,2            |
| 3          | +1                               | 27 | -1                                   | 10 | 0                   | 7,5    | 65,5               | 19,3               | 14,3                  | 36,1            |
| 4          | -1                               | 13 | +1                                   | 30 | 0                   | 7,5    | 1,2                | 7,8                | 9,3                   | 5,5             |
| 5          | +1                               | 27 | 0                                    | 20 | +1                  | 11     | 41,1               | 7,8                | 15,0                  | 24,8            |
| 6          | -1                               | 13 | 0                                    | 20 | -1                  | 4      | 9,7                | 11,5               | 11,4                  | 10,1            |
| 7          | +1                               | 27 | 0                                    | 20 | -1                  | 4      | 39,1               | 5,2                | 16,4                  | 25,5            |
| 8          | -1                               | 13 | 0                                    | 20 | +1                  | 11     | 13,5               | 5,7                | 8,1                   | 7,1             |
| 9          | 0                                | 20 | +1                                   | 30 | +1                  | 11     | 5,1                | 4,7                | 10,7                  | 6,8             |
| 10         | 0                                | 20 | -1                                   | 10 | -1                  | 4      | 17,9               | 5,2                | 16,4                  | 16,2            |
| 11         | 0                                | 20 | +1                                   | 30 | -1                  | 4      | 10,1               | 10,3               | 13,9                  | 12,1            |
| 12         | 0                                | 20 | -1                                   | 10 | +1                  | 11     | 27,9               | 22,0               | 10,0                  | 15,7            |
| 13         | 0                                | 20 | 0                                    | 20 | 0                   | 7,5    | 19,0               | 2,6                | 10,7                  | 10,8            |
| 14         | 0                                | 20 | 0                                    | 20 | 0                   | 7,5    | 16,3               | 3,6                | 10,9                  | 9,9             |
| 15         | 0                                | 20 | 0                                    | 20 | 0                   | 7,5    | 19,0               | 4,2                | 10,6                  | 10,5            |

Проведено візуальну оцінку якості обробітку смуги та умовно розділено на три групи: якісно оброблені (дослід № 1, 8, 9, 11), відносно якісно (№ 4, 6, 7, 13, 14, 15) та неякісно (№ 2, 3, 5, 10, 12). Фото зразків відповідної групи візуальної оцінки представлено на рис. 1.



Рис. 1. Фото зразків візуальної оцінки досліджень впливу глибини обробітку глибокорозпушувачем  $H$ , відстані між відрізними дисками  $B$  та швидкості руху агрегату  $V$ .

Після обробки експериментальних даних отримано рівняння регресії, які описують результати досліджень:

$$B\phi = 13,47 - 3,653H + 1,6816B + 2,1429V + 0,2H^2 - 0,0899HB - 0,1071BV, \\ \text{при } Ff = 0,48; Gk = 0,015;$$

$$N\phi = 77,9869 - 5,5954H - 3,2499B + 3,1965V + 0,1067H^2 + 0,0822B^2 - \\ - 0,0939V^2 + 0,0484HB + 0,085HV + 0,16BV; \text{ при } Ff = 2,45; Gk = 0,105; (1)$$

$$G\phi = 27,1261 - 0,1665H - 0,4099B - 3,1079V + 0,0095H^2 + 0,0046B^2 - \\ - 0,1166V^2 + 0,019HV + 0,0235BV; \text{ при } Ff = 1,59; Gk = 0,073;$$

$$\gamma = 39,552 - 3,2614H - 0,3203B - 0,4836V + 0,1265H^2 + 0,0202B^2 + \\ + 0,0241V^2 + 0,0308HB + 0,0237HV + 0,0345BV, \text{ при } Ff = 0,89; Gk = 0,066;$$

де  $B\phi$  – фактична поперечна нерівність, %;  $N\phi$  – фактична грудкуватість, %;  $G\phi$  – фактична витрата палива, л/га;  $\gamma$  – узагальнений показник, л/га;  $H$  – глибина обробітку глибокорозпушувачем, см;  $B$  – відстань між відрізними дисками, см;  $V$  – швидкість руху агрегату, км/год.

Висновок. Експериментально встановлені залежності між параметрами взаємного розміщення робочих органів секції агрегату для смугового обробітку ґрунту та показниками ефективності їх використання.

#### Список використаних джерел

1. Кравчук В. Ергатичне випробування у просторі та часі комплексних техніко-технологічних рішень керованого землеробства / В. Кравчук, Г. Баранов, О. Комісаренко. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: збірник наук. пр. УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. 2018. Вип. № 23 (37). С. 14–27.

2. Шустік Л. Шляхи реалізації технології смугового обробітку ґрунту в малих і середніх господарствах / Л. Шустік, В. Громадська, Л. Мартиніна, Н. Негуляєва, В. Супрун. Техніка і технологія. 2017. № 11 (98). С. 16–21.

3. Голуб Г. Обґрунтування показників якості та агрономічних вимог до смугового обробітку ґрунту / Г. Голуб, А. Дворник // Наукові горизонти. Науковий журнал. 2018. № 12 (73). С. 37–44.

4. Науково-випробувальні дослідження сільськогосподарської техніки і технологій: розвиток і диверсифікація (колектив авторів)/ за ред. В. Кравчука; Міністерство аграрної політики та продовольства України; УкрНДІПВТ імені Л. Погорілого. Дослідницьке, 2018. 240 с.

5. Агротехнічні вимоги та оцінка якості обробітку ґрунту: навч. посібник / М.С. Чернілевський, Ю.А. Білявський, Р.Б. Кропивницький, Л.І. Ворона. вид. 2-ге, допов. Житомир: Вид-во «Житомирський національний агроекологічний університет», 2012. 84 с.

УДК 631.354

## ДОСЛІДЖЕННЯ ШВИДКІСНОГО СЕГМЕНТНО-ПАЛЬЦЕВОГО РІЗАЛЬНОГО АПАРАТУ ЗЕРНОВОЇ ЖАТКИ

*Заєць М. Л., Целуйко А. А.*  
*Поліський національний університет*

Постановка проблеми. Основними засобами, які застосовуються для збирання зернових і технічних культур, є самохідні зернозбиральні комбайни. Поміж основних показників технічної характеристик збиральних машин, що визначають їх продуктивність, є ширина захвату жатки комбайна та його робоча швидкість, яка на сучасних збиральних агрегатах варіюється в межах 4,5 до 13,7 м та діапазон швидкостей 1,2...3,0 м/с [1]. При збільшенні ширини захвату жатки відбудеться зростання продуктивності, зниження загальних втрат зерна і підвищення техніко-економічних показників роботи збиральних агрегатів. Поряд з цим, зростає вартість жнивarki, що призводить до росту ціни машини, встановлення більш потужного двигуна, та в цілому, зростає вага машини [2], і як наслідок підвищення негативного впливу на екологічні показники ґрунту.

Підвищити ефективність застосування жаток в агрегаті із зернозбиральними комбайнами можливе шляхом встановлення на жатки удосконалених різальних апаратів швидкого різання, що дасть змогу збільшити робочу швидкість машини без збільшення ширини захвату.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відомі праці вчених по розробці конструкційно-технічних схем та основних показників зернозбиральних комбайнів [2-6], в яких розглядається синтез між основними параметрами зернозбиральної машини, такими як продуктивність, пропускна здатність молотарки, потужність двигуна, ширина захвату, тип молотильного апарату та системи сепарації, та вплив їх на ефективність роботи збирального агрегату.

Постановка завдання. Метою дослідження є аналіз типу сегментно-пальцевого різального апарату, який дасть змогу експлуатувати комбайн з більшим діапазоном робочих швидкостей, що забезпечить підвищення продуктивності машини.

Виклад основного матеріалу. Нами запропоновано модернізований різальний апарат сегментно-пальцевого типу та його привод, що дозволить підвищити швидкість різання стебел та зростання робочої швидкості машини, що дасть можливість підвищити продуктивність збирального агрегату (рис. 1).





Рис. 1. Модель різального апарату сегментно-пальцевого типу з використанням протирізальних пальців Шумахера.

Розрахунок частоти обертання кривошипа виконують за формулою[1]:

$$n = \frac{K \cdot S \cdot v}{2 f_n}, \quad (1)$$

де  $K$  - коефіцієнт, який характеризує тип різального апарата /ТРА/,

$K=1$  (нормальний ТРА однопрохідний).

$K=0,32$  (нормальний ТРА двопрогінний).

$K=0,68$  (низького зрізу ТРА).

$S$  - переміщення ножа в відносному русі при повороті кривошипа на  $\pi$

$f_n$  - площа поля, рослини з якого зрізаються сегментом біля однієї протирізальної пластини за  $\pi$  рад повороту кривошипа (площа навантаження);

Знаходження швидкостей початкової  $U_n$  і кінцевої  $U_k$  різання стебел виконують наближено, приймаючи, що механізм приводу ножа - центральний /аксіальний/ з постійною частотою обертання кривошипа, а відношення радіуса кривошипа  $r$  до довжини шатуна -  $l$  мала величина.

При таких умовах швидкість точок ножа  $U$  при відносному русі

$$U = 2\pi \cdot n \cdot y, \quad (2)$$

де  $y$  - значення проекції радіуса кривошипа на вертикальну вісь (рис. 2).

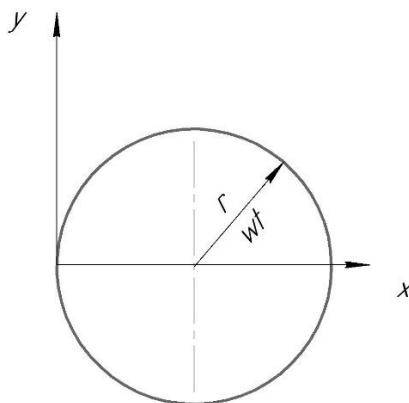


Рис. 2. Схема до знаходження  $U=f(y)$ .

Для знаходження  $U_n$  і  $U_k$  нанесемо на контури сегмента (рис.3.), розміщеного в будь якому крайньому положенні і протирізальну пластину (для апаратів  $t=2t_0=S$  і  $2t=2t_0=S$ ).

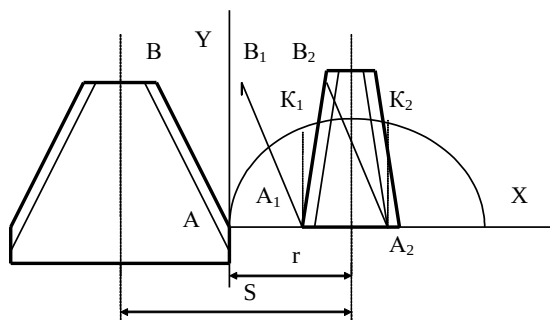


Рис. 3. Діаграма швидкостей різання.

Далі будемо діаграму швидкості руху якої-небудь точки ножа. Так як графік функції  $y(x)$  є коло з радіусом  $r$ , то відклавши від точки А (початкова точка робочої частини леза, для низького ТРА точку А вибираємо так, щоб швидкість початку різання в крайнього пальця відповідала величині 0,5 м/с) відрізок  $AO = r$  і провівши півкруг радіусом  $r$ , отримаємо в масштабі діаграму зміни швидкості руху точки А ножа.

Припустимо, що сегмент зрізає всі стебла рослин, які знаходяться біля протирізальної пластини, початок різання стебела буде відповідати такому положенню АВ леза, коли точка А підходить до леза протиріжучої пластини (рис. 3).

Швидкість  $U_n$  в цей момент є швидкістю початку різання. Величина  $U_n$  дорівнює :

$$U_n = A_1 K_1 \cdot 2\pi \cdot n, \quad (3)$$

Кінець різання відповідає положенню  $A_2B_2$  леза сегмента, коли його точка В доторкується до леза протирізальної пластини. Величина швидкості:

$$U_k = A_2 K_2 \cdot 2\pi \cdot n, \quad (4)$$

На рис. 3 представлена діаграма швидкостей різання для апаратів нормального типу однопрохідних. В низькому типі різального апарата і двопрхідному сегмент за один хід зрізає рослини в двох протирізальних пластин. Для таких апаратів слід знайти дві швидкості початку і кінця різання відповідно середнього і крайнього пальців.

З рис. 3. видно, що різання відбувається з непостійною швидкістю, тобто швидкості на початку і в кінці різання не рівні.

Швидкість початку різання біля середнього пальця в апараті низького різання низька ( $\approx 0,5$  м/с). Малі швидкості можуть бути причиною неякісного зрізу і забивати різальний апарат.

Висновки. При низьких швидкостях різання стебла відхиляються різальним апаратом на велику величину і зрізаються з більшою стернею.

Дослідно встановлено, що для високоякісного зрізу рослин необхідна швидкість різання для трав не менше - 3,15 м/с, для зернових - 2,5 м/с.

Швидкість різання залежить від того, як встановлені сегменти в крайніх положеннях відносно протирізальних пластин. Якщо осьові лінії сегментів і пальців в крайніх положеннях співпадають (аксіальний механізм привода ножа) або зміщений (дезаксіальний) на однакову величину, то такий ніж рахують центрованим. Коли зміщені осьові лінії сегмента і пальця в одному крайньому положенні більше ніж в другому, то такий ніж центрований (зміщений). При зміщеному ножі швидкість початку різання зменшується, особливо впливає зміщення в апаратах низького зрізу з некратним ходом ножа.

Центрування ножа проводить зміною довжини шатуна або зміщенням відносно ножа пальцевого бруса.

#### Список використаних джерел

1. Сисолін П.В. та ін. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи конструкція, проектування: підручник для студентів вищих навчальних закладів із спеціальності «Машини та обладнання с.г. виробництва» (За ред. М.Г. Черновола). Кн.1. К.: Урожай, 2001. 384с.

2. Смолінський С.В. Аналіз взаємозв'язку між базовими параметрами сучасних зернозбиральних комбайнів. Вісник ХНТУСГ ім. П.Василенка. - Харків. 2010. Вип. 93, т. I. С. 182-186.

3. Недовесов В.І. Графічне і математичне моделювання показника „об'єм бункера зернозбирального комбайна” / В.І. Недовесов, М. Д. Занько. Механізація і електрифікація сільського господарства. 2012. Вип. 96. С. 240-246.

4. Занько М.Д. Удосконалення методів випробувань молотарки зернозбирального комбайна [Текст] : Автореферат дис. канд.техн.наук: / М.Д. Занько. Глеваха, 2008. 20 с.

5. Демко А. Метод визначення пропускної здатності молотильно-сепарувального пристрою зернозбиральних комбайнів з урахуванням змінитехніко-експлуатаційних характеристик [Текст] / А. Демко, О. Надточій, О. Демко. Техніка і технології АПК. 2012. №2. С. 32-35.

6. Непочатенко А.В. Економіко-математичне моделювання витрат під час збору врожаю залежно від потужності двигуна зернозбирального комбайна / А.В. Непочатенко, В.А. Непочатенко. Економіка та управління АПК. 2013. Вип.11(106). С. 130-136.

УДК 631.3.06.001.66

## ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНОТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ КОМБІНОВАНОГО АГРЕГАТА

*Петриченко Є. А.*

*Уманський національний університет садівництва*

*Герук С. М.*

*Житомирський агротехнічний фаховий коледж*

Аналізом переваг комбінованих агрегатів, встановлено, що їх використання забезпечує зниження витрат праці в середньому на 20%, пального – на 25%. Сумарна колія після проходу тракторів і сільськогосподарських машин зменшується на 45%, при цьому вміст вологи в ґрунті в шарі товщиною до 15 см збільшується на 8...10%.

Тому, пошук оптимальної конструктивної технологічної схеми комбінованого агрегату для внутрішньогрунтового мінерального удобрення та одночасної сівби зернових культур, яка б була позбавлена вищезазначених недоліків, є важливою народногосподарською задачею.

На основі проведених попередніх досліджень і конструкторських робіт запропонована нова конструктивно-технологічна схема комбінованого агрегату для внутрішньогрунтового мінерального удобрення та одночасної сівби зернових культур з використанням колісного трактора, тягового класу 1,4 (рис. 1 – вид збоку).

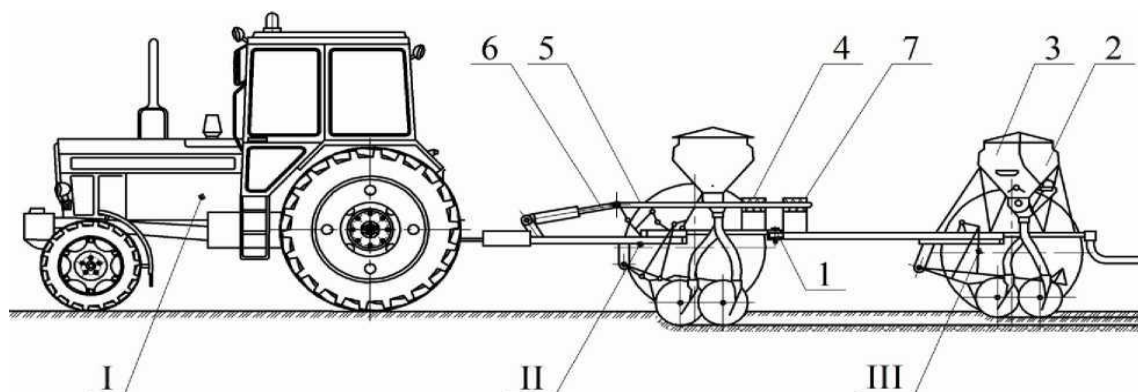


Рис. 1. Агрегат для внутрішньогрунтового мінерального удобрення та одночасної сівби зернових культур (вид збоку): I – трактор; II – машина для внесення основної дози мінеральних добрив; III – машина для сівби зернових та внесення стартової дози мінеральних добрив: 1 – шарнір; 2 – бункер для стартових добрив; 3 – бункер для насіння; 4 – направляючий елемент; 5 – блокуючий повзун; 6 – штанга; 7 – фіксуючий елемент.

Основною перевагою даного удобрювально-посівного машиннотракторного агрегату є можливість розміщення у ґрунті основної

доза мінеральних добрив нижче одночасно висіяного насіння у вигляді стрічки, тобто в зоні розміщення коріння зернових культур, що в свою чергу підвищує ефективність використання основної дози мінеральних добрив.

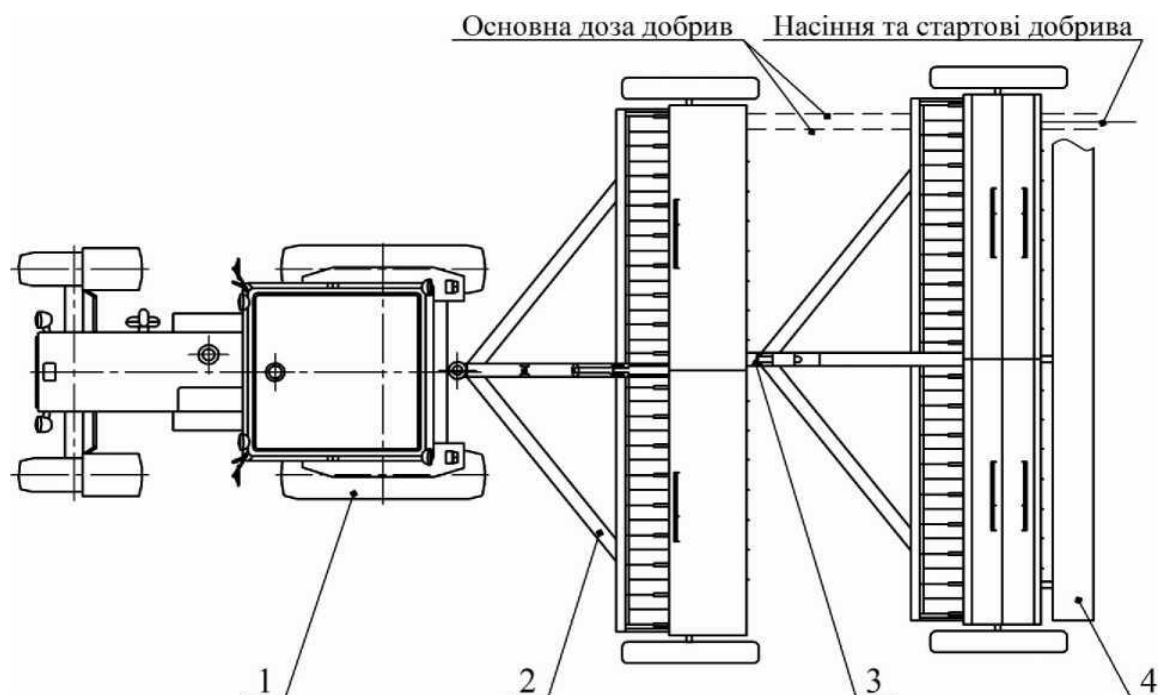


Рис. 2. Комбінований удобрювально-посівний машинно-тракторний агрегат (вид зверху): 1 – колісний агрегатуєчий трактор; 2 – сівалки для внесення у ґрунт основної дози мінеральних добрив стрічковим способом; 3 – начіпний пристрій; 4 – сівалка зернових культур з пристроєм для одночасного внесення у ґрунт стартової дози мінеральних добрив.

Агрегат для внутрішньогрунтового комплексного мінерального удобрення ґрунту одночасно з сівбою сільськогосподарських культур (рис. 1) включає сівалку II для внесення у ґрунт основної дози мінеральних добрив, яка містить раму, на котрій встановлений бункер для мінеральних добрив з висівними апаратами для їх висівання. До рами на повідцях шарнірно закріплені сошники, обладнані механізмом для підняття їх в транспортне положення, який приводиться в дію гідроциліндром. Висівні апарати насіннєпроводами сполучені з сошниками. До рами сівалки II шарніром 1 приєднана сниця сівалки сільськогосподарських культур III. Зазначена сівалка III включає раму, на якій встановлено ящик, котрий розділений на два відсіки – 65 відсік для насіння сільськогосподарських культур 2 та відсік 3 для стартової дози мінеральних добрив. Ці відсіки обладнані висівними апаратами для висівання насіння і для висівання мінеральних добрив. Вісь шарніра 1 зміщена від середньої лінії, що проходить паралельно до напрямку робочого руху агрегату і рівновіддалена від крайніх сошників сівалки II для внесення основної дози добрив на

значення, що дорівнює половині відстані між суміжними сошниками. До рами сівалки II нерухомо закріплений направляючий елемент 4 з отвором, вісь якого паралельна до середньої лінії і перетинається з віссю вертикального шарніра 1. В отворі направляючого елемента 4 встановлений блокуючий повзун 5, виготовлений із пружного матеріалу, причому його задній кінець виконаний конічним. Повзун 5 штангою 6 кінематично з'єднаний з механізмом підйому сошників сівалки II для внесення добрив. До сніщі сівалки сільськогосподарських культур III нерухомо закріплений фіксуєчий елемент 7 з отвором, ідентичним отвору направляючого елемента 4 і співвісного з ним в робочому стані агрегату. Перед початком роботи агрегату в ящик сівалки II завантажуються мінеральні добрива основної дози їх внесення, а у відсік ящика 2 сівалки III завантажуються необхідне насіння сільськогосподарських культур, а у відсік 3 завантажуються мінеральні добрива стартової дози. Після цього агрегат заїжджає у загінку і сошники обох сівалок механізмами опускаються в робоче положення. Одночасно з цим за рахунок кінематичного зв'язку через штангу 6 між механізмом підйому сошників і повзуном 5, останній переміщується назад відносно напрямку руху агрегату, і повзун 5 заходить у фіксуєчий елемент 7 і шарнір 1 повністю блокується, в результаті чого рама сівалки II і рама сівалки III з'єднуються як одне нерухоме ціле. При русі агрегату в загінці спочатку сошниками сівалки I в рядки на більшу глибину (60-150 мм) вноситься основна доза мінеральних добрив, а потім у середину міжрядь внесеної основної дози добрив висівається сошниками сівалки III насіння сільськогосподарських культур і вноситься стартова доза мінеральних добрив в борозну разом з насінням на оптимальну глибину загортання насіння – 20-80 мм. В кінці загінки сошники піднімаються в транспортне положення і штангою 4 повзун 5 виводиться із фіксуєчого елемента 7, в результаті чого шарнір 1 розблоковується і на поворотній смузі агрегат робить розворот, при якому сівалки II і III рухаються по окремих траєкторіях. Завдяки такому виконанню комбінованого агрегату для внутрішньогрунтового комплексного мінерального удобрення ґрунту одночасно з сівбою сільськогосподарських культур спочатку забезпечується внесення у ґрунт основної дози мінеральних добрив на більшу глибину (60-150 мм), а потім у середину міжрядь внесеної основної дози добрив висівається насіння сумісно з стартовою дозою мінеральних добрив на меншу глибину (20-60 мм). При цьому стартова доза мінеральних добрив забезпечує ефективне живлення паростків зернових культур, що обумовлює їх прискорений ріст і розвиток, а по мірі росту цих рослин аж до дозрівання урожаю їх коріння живиться добривами основної дози, які знаходяться на більшій глибині і тому у вологому ґрунті, що забезпечує їх розчинення і ефективне використання рослинами. В результаті проведених попередньо експериментальних і польових досліджень отримано наступні техніко-економічні результати застосування агрегату складеного у відповідності до

розробленої конструктивнотехнологічної схеми: продуктивність (із застосуванням колісного інтегрального орно-просапного трактора тягового класу 3) становить близько 3 га/год, а витрати палива складають 4,5 кг/га 1.4.

Висновки. Важливі проблеми посіву та удобрення зернових культур можна розв'язати розробкою та застосуванням комбінованих машинно-тракторних агрегатів, які побудовані за модульним принципом і дають істотні переваги щодо їх використання у виробничих умовах. Наявність потенційних переваг комбінованого агрегату для внутрішньогрунтового мінерального удобрення та одночасної сівби зернових культур створює передумови для проведення досліджень, метою яких є підвищення техніко-економічних показників роботи удобрювально-посівного агрегату шляхом обґрунтування його схеми та конструктивно-технологічних параметрів.

УДК 631.362

## **ЕФЕКТИВНІСТЬ ВІБРОСЕПАРАЦІЇ ПРИ ПІДГОТОВЦІ НАСІННЕВОГО МАТЕРІАЛУ ГІРЧИЦІ**

*Козаченко О. В., Волковський О. М.  
Державний біотехнологічний університет*

Сучасні технології вирощування сільськогосподарських культур передбачають реалізацію певного переліку технологічних заходів задля отримання стійких врожаїв, серед яких провідне місце належить підготовці та використанню високоякісного посівного матеріалу. Як показує практика, недосконалість технологічних процесів серійних засобів зумовлює введення в лінії післязбиральної доробки посівного матеріалу спеціальних очисних машин, що дозволяють реалізувати розділення компонентів вороху за їх властивостями.

Враховуючи змінність кліматичних умов останніх років, що негативно впливає як на розвиток посівів сільськогосподарських культур, так і на формування урожаю та його якості, зернова частина урожаю більшості сільськогосподарських культур містить значну кількість щуплого, невиповненого насіння, яке суттєво відрізняється як за абсолютною масою, так і за розмірами та посівними якостями. Крім того на посівах сільськогосподарських культур з різних причин з'являються як падалишні сходи культур, що вирощувались у попередні сезони, так і бур'яни, характерні для конкретних полів. В результаті зростає засміченість не лише посівів, а й зібраної частини урожаю, що суттєво ускладнює її післязбиральну обробку, особливо підготовку посівного матеріалу.

Метою роботи було дослідження можливості підвищення посівних якостей насіннєвого матеріалу гірчиці за рахунок його доочищення та сортування на віброфрикційному сепараторі з неперфорованими фрикційними робочими поверхнями, який застосовують для розділення насіннєвих сумішей за комплексом фізико-механічних властивостей компонентів.

Вихідним матеріалом для дослідження була обрана насіннєва суміш білої гірчиці сорту Веснянка селекції Інституту олійних культур Національної академії аграрних наук України урожаю 2021 року, яка після машинного збирання очищалась на повітряно-решітному сепараторі. Вона включала  $76,6 \pm 1,1$  % від її маси якісного насіння основної культури і  $2,7 \pm 1,1$  % некондиційного насіння гірчиці. До її складу входило також  $20,5 \pm 1,1$  % від загальної маси насіння інших рослин, в тому числі насіння пшениці –  $870 \pm 5$  шт/кг і  $48310 \pm 41$  шт/кг насіння бур'янів. Серед нього найбільшу частину становило насіння лободи ( $46465 \pm 38$  шт/кг) та  $1830 \pm 14$  шт/кг насіння щириці. Маса 1000 насінин гірчиці становила  $4,82 \pm 0,05$  г, а його схожість – лише  $84,0 \pm 1,2$  %.

Згідно ДСТУ 2240-93 в насіннєвому матеріалі гірчиці оригінального та елітного насіння гірчиці повинно бути не менше 99 % від маси вихідного матеріалу, а вміст насіння інших сільськогосподарських культур і насіння бур'янів не повинен перевищувати 40 шт/кг. В кондиційному насіннєвому матеріалі 1-3 репродукції насіння гірчиці має бути не менше 98 %, насіння інших культурних рослин допускається не більше 320 шт/кг, а насіння бур'янів – не більше 400 шт/кг. Схожість кондиційного оригінального насіння повинна бути мінімум 90 %, а елітного та 1–3 репродукції – не менше 85 % (ДСТУ 2240-93).

Таким чином, вихідний матеріал за всіма показниками не відповідав вимогам державного стандарту. Його доочищення з одночасним сортуванням виконували на неперфорованих робочих поверхнях віброфрикційного сепаратора. Установочно-кінематичні параметри роботи сепаратора, для встановлення можливості доочищення насіння гірчиці від насіння бур'янів та домішок з одночасним сортуванням насіння основної культури, були наступними: амплітуда коливань робочого органу – 1,0 мм; частота коливань –  $175,0 \text{ с}^{-1}$ ; позовжній кут нахилу робочого органу –  $3,4^\circ$ ; поперечний кут нахилу –  $2,1^\circ$ ; кут спрямованості коливань –  $29,0^\circ$ . Подача на кожну робочу поверхню прийнята рівної 2,0 кг/год. При сепарації насіння гірчиці на віброфрикційному сепараторі в якості покриття робочих поверхонь використовувався брезент. Під час сепарації вихідний матеріал, для більш повного визначення особливостей його складових, розділявся на 7 фракцій. Вміст кожної фракції і вихідного матеріалу аналізувався окремо за всіма критеріями оцінки якості посівного матеріалу: вміст насіння основної культури, насіння інших культурних рослин та насіння бур'янів



(причому, кожного виду окремо), абсолютна маса насіння основної культури та його схожість.

Слід зазначити, що за один пропуск отримано  $16,9 \pm 0,2$  % від маси вихідного матеріалу, насіннєвого матеріалу (перша фракція), який відповідає вимогам державного стандарту до оригінального насіння і  $56,9 \pm 0,2$  % матеріалу (друга і третя фракції), який відповідає вимогам до кондиційного насіння 1–3 репродукції.

Експериментальними дослідженнями встановлено також, що повторним доочищенням насіннєвих сумішей четвертої і п'ятої фракцій можливо виділити значну частину насіння гірчиці, яке доцільно використовувати за іншим призначенням.

Список використаних джерел

1. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Очистка і сортування насіння. Т. III, розділ 7. Харків: Око, 2006. 407 с.

2. Козаченко О.В. Обґрунтування ефективності використання віброфрикційного сепаратора при підготовці насіннєвого матеріалу гірчиці/ О.В. Козаченко, Е.Б. Алієв, М.В. Бакум, А.Д. Михайлов, М.М. Крекот// Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН, № 31, 2021. С. 1-10.

УДК 631.333

## **УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ПНЕВМАТИЧНОЇ ВИСІВНОЇ СИСТЕМИ МАШИН ВНЕСЕННЯ ТВЕРДИХ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ**

*Онищенко В. Б., Береговий І. М.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*Адамчук О. В.*

*Інститут механіки і автоматики агропромислового виробництва*

Українськими дослідниками були проведені експериментальні роботи по створенню машини для внесення твердих мінеральних добрив із застосуванням штангових пневматичних висівних систем, але вони мали ряд суттєвих недоліків і тому не знайшли широкого впровадження у вітчизняному сільськогосподарському виробництві.

Машини РУМ-5-03 були створені на базі серійних машин РУМ-5 і мали високий рівень уніфікації в порівнянні з останніми [2]. Встановлення завантажувальних горловин ежекторів під випускним вікном бункера перпендикулярно до осі машини призводило до зависання добрив і

порушувало технологічний процес роботи машини. Цей недолік особливо проявлявся при роботі машини на туках з підвищеною вологістю.

Вказаний конструктивний недолік було усунуто при створенні машини ПШ-21,6 шляхом установки кромки днища бункера за його межами під кутом до осі машини і встановлення під вказаною кромкою завантажувальних горловин ежекторів.

Однак таке виконання машини призводить до підвищення її матеріаломісткості, збільшення довжини та ускладненню конструкції машини [1].

Машина з пневматичною висівною системою для внесення твердих мінеральних добрив містить кузов 4 (рис. 1), встановлений на рамі 7, днище 3 який охоплює перфорований живильник 2, котрий включає планково-прутковий транспортуючий робочий орган, змонтований на двох валах 11. Над верхньою ланкою живильника 2 встановлена регульовальна заслінка 1, для зміни дози внесення туків. Під його нижньою ланкою змонтовано жолоб 6, один кінець якого огинає вал 11, а зріз (край) 10 його протилежного кінця виконаний під гострим кутом до повздовжньої осі кузова 4. На рамі 7 встановлено відцентровий вентилятор 5, до якого через повітропровід 12 приєднано матеріалопроводи 14 різної довжини (рис. 2), котрі обладнано ежекторами 9 з лійками 8, що розміщені біля обрізу 10 жолоба 6. Матеріалопроводи 14 розміщені під нижньою ланкою живильника 2, спрямовані уперек повздовжньої осі кузова 4, а їх вихідні кінці обладнані розсіювачами 13 аеросуміші.

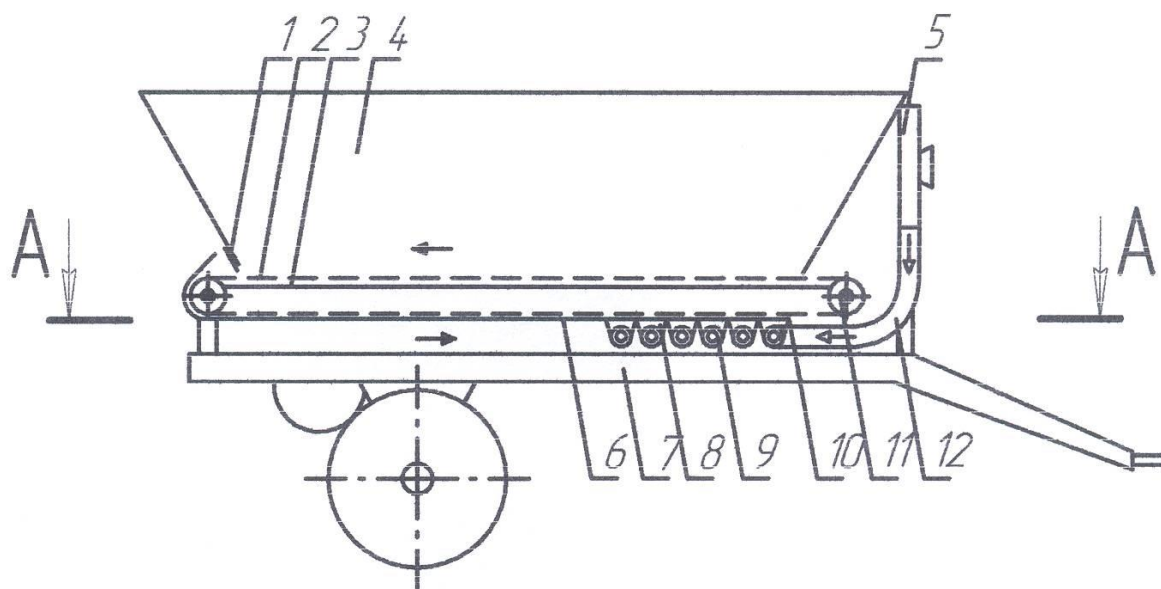


Рис. 1. Функціональна схема удосконаленої машини.

Під час роботи експериментальної машини, завантажені туки виносяться у відрегульованій заслінкою 1 дозі, верхньою ланкою живильника 2 із кузова 4 і подаються на жолоб 6, по якому транспортуються нижньою ланкою живильника 2 у зворотньому напрямку. Стиснуте повітря від вентилятора 5 через повітропровід 12 поступає в матеріалопроводи 14, за ежекторами 9 рухається повітряний потік. Туки, які транспортуються по жолобу 6, при проходженні його зрізу 10 просіваються крізь перфорації (міжпруговий простір) нижньої ланки живильника 2 в лійки 8, через які поступають в ежектори 9. В останніх туки змішуються з повітряним потоком, і утворена аеросуміш транспортується по матеріалопроводах 14 (рис. 2), до розсіювачів 13, якими потік розсівається і у вигляді віяла викидається в атмосферу. Під дією одержаної кінетичної енергії і сили земного тяжіння туки, які перейшли у вільний політ, розсіваються і осідають на поверхню поля.

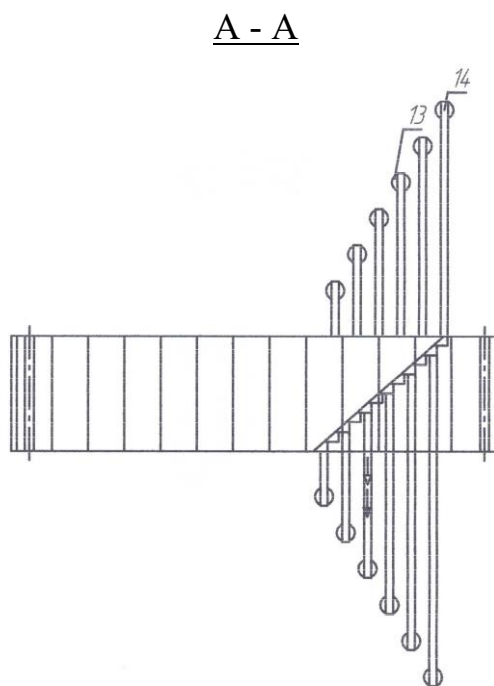


Рис. 2. Функціональна схема удосконаленої машини.

Завдяки виконанню матеріалопроводів 14 різної довжини і установці розсіювачів 13 з постійним кроком досягається якісне внесення туків за робочою шириною захвата машини.

Висновки. Застосування машини для внесення твердих мінеральних добрив з пневматичною висівною системою дає можливість більш якісного виконання технологічного процесу розсівання добрив по поверхні поля.

Список використаних джерел

1. Адамчук В.В. Обґрунтування моделі внесення мінеральних добрив. Механізація та електрифікація сільського господарства. Глевах. ННЦ „ІМЕСГ”, 2002. Вип. 86. С. 90-99.

2. Адамчук В.В. Підсумки створення технологічних комплексів для застосування твердих мінеральних добрив і хіммеліорантів. Техніка АПК. 2000. №3. С.10-12.

УДК 631.35.001.66

## **УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ РОЗПИЛЮВАЛЬНИХ ПРИБОРІВ ОБПРИСКУВАЧА ПОЛЬОВИХ КУЛЬТУР**

*Войтюк Д. Г., Онищенко В. Б., Онищенко Б. В.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Для роздільного внесення рідких добрив обприскувачами польових культур окрім сенсорної і автоматично керованої техніки, необхідна спеціальне варіаційне розпилювальне обладнання.

Однією з останніх розробок для внесення рідких добрив запропоновано систему AMASELECT фірми AMAZONE. Призначення та принцип дії аналогічний системі Varioselect проте управління роботою розпилювачів (вмикання та вимикання) здійснюється за допомогою електродвигуна, що живиться від бортової мережі напругою 12 В. Робота системи передбачає пряме включення форсунок без централізованого включення секцій.



Рис. 1. Загальний вигляд системи AMASELECT.



Рис. 2. Технологічна схема системи AMASELECT.

Для виготовлення розпилювача використовують полімерні матеріали і кераміка, які на відміну від кольорових металів, як наприклад, латунь, не піддаються корозії.

При розрахунку орієнтовного тиску при внесенні суміші КАС + вода + ЗЗР слід керуватися таблицями коригуючих коефіцієнтів.

Необхідно контролювати щільність рідкого добрива за допомогою манометрів і арматури. Для правильного регулювання робочого тиску необхідно проводити вимірювання витрати рідини на форсунках польового обприскувача експериментальним шляхом, оскільки при низьких температурах відбувається значне падіння тиску в магістралі між манометром і форсунками.

Після закінчення внесення добрив рекомендується ретельне промивання форсунок і всього апарату польового обприскувача.

Отже, на сьогоднішній день існує великий вибір наконечників, спеціально розроблених для максимального результату від внесення рідких добрив. Сучасні обприскувачі обладнуються розпилювальними наконечниками виробництва відомих зарубіжних фірм, різних типів для проведення різноманітних видів хімічної обробки рослин – суцільне нанесення хімічних препаратів, стрічкова обробка міжрядь, прикоренева обробка рослин, поверхнєве внесення рідких мінеральних добрив тощо. Конструкція їх різниться між собою в залежності від призначення та умов експлуатації.

#### Список використаних джерел

1. Теоретичні дослідження процесу осідання краплі змінної маси у відкритому просторі. / В. Онищенко, Б. Онищенко, І. Любченко // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. К., 2013. Вип. 17(31). С. 220–226.

УДК 633.522

## ШЛЯХИ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ПРОЦЕСІВ ПРИГОТУВАННЯ ТРЕСТИ КОНОПЕЛЬ

*Шейченко В. О.*

*Полтавський державний аграрний університет*

*Коропченко С. П.*

*Інститут луб'яних культур НААН України*

*Скоряк Ю. Б., Шаповал О. В.*

*Полтавський державний аграрний університет,*

Постановка проблеми. Інститутом луб'яних культур НААН України створено нові сорти ненаркотичних однодомних конопель, які відрізняються відсутністю наркотичних речовин, високою продуктивністю за волокном та насінням. Активне їх впровадження у виробництво потребує глибоких, науково обґрунтованих досліджень щодо технологічних властивостей соломи, трести та волокна.

Найціннішою продуктивною частиною стебла є конопляний луб, адже він є єдиним джерелом одержання текстильних волокон.

Анатомічні та технологічні властивості стебел соломи та трести сучасних ненаркотичних однодомних конопель на відміну від дводомних конопель, потребують детального вивчення.

Клітини первинного волокна високоволокнистого сорту Глухівські 53 мають прямокутну або призмоподібну форму, однакові за розміром і розташовані дуже щільно у вигляді суцільної стрічки. Пучки волокон чітко не диференціюються, а клітини вторинного волокна розташовані у два-три ряди, причому клітини першого шару великі, за розміром, а далі розміри клітин зменшуються. Форма клітин здебільшого овальна. Крім того, у стеблах ненаркотичних однодомних конопель спостерігається значне потовщення клітинних стінок, збільшення розмірів елементарних клітин та ущільненості пучків, що й призводить до зростання лінійної щільності волокна, а отже, і зниження його якості. Саме через особливості анатомічної будови лінійна щільність волокна ненаркотичних однодомних конопель майже у два рази більша за лінійну щільність дводомних конопель.

Метою даної роботи є підвищення ефективності систем виробництва продукції коноплярства завдяки інтенсифікації біологічних процесів приготування трести.

Результати досліджень. Головними чинниками досягнення мети є пошук принципово нових техніко-технологічних рішень, які б уможливили підвищити якість та скоротити терміни приготування трести.

В якості інтенсифікуючих чинників використали плющення та проминання стебел конопель.

Приготування трести розстиланням здійснювали на дослідних ділянках Інституту луб'яних культур НААН України.

Програмою досліджень передбачалося розстил стебел конопель на стелищі на довжині 1 м.п.:

- а) щільність 1 кг на метрі погонному (в одно стебло);
- б) щільність 2 кг на метрі погонному (в два стебла);
- в) щільність 3 кг на метрі погонному (в три стебла).

Дослід 1. Розстил стебел конопель на плівку на довжині 1 м.п.

Варіант 1.1 – щільність 1 кг на метрі погонному (в одно стебло).

Варіант 1.2 – щільність 1 кг на метрі погонному (в одно стебло) зі зволоженням через 1 добу.

Варіант 1.3 – щільність 2 кг на метрі погонному (в два стебла).

Варіант 1.4 – щільність 3 кг на метрі погонному (в три стебла).

Дослід 2. Розстил плющених стебел конопель на плівку на довжині 1 м.п.

Варіант 2.1 – щільність 1 кг на метрі погонному (в одно стебло).

Варіант 2.2 – щільність 1 кг на метрі погонному (в одно стебло) зі зволоженням через 1 добу.

Варіант 2.3 – щільність 2 кг на метрі погонному (в два стебла).

Варіант 2.4 – щільність 3 кг на метрі погонному (в три стебла).

Дослід 3. Розстил стебел конопель після їх проминання на плівку на довжині 1 м.п.

Варіант 3.1 – щільність 1 кг на метрі погонному (в одно стебло).

Варіант 3.2 – щільність 1 кг на метрі погонному (в одно стебло) зі зволоженням через 1 добу.

Варіант 3.3 – щільність 2 кг на метрі погонному (в два стебла).

Варіант 3.4 – щільність 3 кг на метрі погонному (в три стебла).

Оцінювання якості стебел конопель здійснювали за такими показниками, як довжина та діаметр стебел, вміст і розривне навантаження лубу відповідно до вимог ГОСТ 11008-64 "Солома конопляная. Технические условия" та ГОСТ 27024-86 "Солома конопляная. Технические условия". Оцінювання якості трести проводили згідно з вимогами ГОСТ 6729-60 "Треста конопляная. Технические условия" і ГОСТ 27345-87 "Треста конопляная. Технические условия" за такими показниками, як довжина та діаметр стебел, ступінь оброблюваності трести, вихід і розривне навантаження волокна. Визначали також гнучкість та лінійну щільність волокна, виділеного із трести конопель.

У всіх досліджуваних варіантах обертання стрічок здійснено одночасно за умов досягнення потемніння верхнього шару.

Висновки.

1. Найшвидше в умовах жовтня-листопада місяців за 37 днів треста із соломи конопель приготувалася у варіантах розстилу на плівку щільністю



1 кг/мп зі зволоженням та без нього стебел плющених, після проминання та без зміни їх структури.

2. За 46 днів треста із соломи конопель приготувалася при розстилі на плівку вищезгаданих варіантів щільністю 2 кг/мп та в контрольному варіанті на стелищі щільністю 1 кг/мп, а за 50 днів - у варіантах розстилу на плівку щільністю 3 кг/мп та в контрольному варіанті на стелищі зі щільністю 2 та 3 кг/мп.

3. За вмістом костриці (1,2-1,6%) у відповідності до ГОСТ 10379-76 «Пенька трепаная. Технические условия» вироблене довге волокно з досліджуваних варіантів приготування трести конопель відповідає 2 – 3-му сорту.

4. За вмістом лапи (1,8-2,5%) вироблене довге волокно з досліджуваних варіантів приготування трести конопель відповідає 3 – 4-му сорту.

5. За вмістом лико подібних пасм (6,5-10,5%) вироблене довге волокно з досліджуваних варіантів приготування трести конопель відповідає 3 – 4-му сорту.

6. За показником розривного навантаження (16,6-25,1 даН) вироблене довге волокно з варіантів приготування трести 1.2, 1.3, 2.1, 2.2 та 3.2 відповідає 3-му сорту, а з усіх інших варіантів - 4-му сорту.

7. Показник лінійної щільності виробленого довгого волокна з усіх варіантів приготування трести конопель перевищує гранично допустиме значення 50 Текс, тому воно є не стандартним, як і за комплексом показників в цілому (позначка н/с означає, що волокно є нестандартним).

УДК 631.319

## **АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ПОЛЬОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ БОРОНИ ДИСКОВОЇ ДСМ АГД-2,4**

*Волик Б. А., Лепеть Є. І.*

*Дніпровський державний аграрно-економічний університет*

*Матвієнко М. А.*

*ТОВ Дніпровські сільгоспмашини*

Постановка проблеми. Грунтообробні агрегати, в основу яких закладені дискові робочі органи (борони,лущильники, дискатори плуги) знаходять все більше поширення. Позитивні якості таких агрегатів незаперечні: суттєво менший тяговий опір, можливість регулювати якість кришення і розпушення ґрунту. Основні переваги дискових робочих органів обумовлені обертанням диска довкола осі кріплення і можливістю



змінювати кути постановки до напрямку руху і вертикалі. Але машина має і суттєві недоліки над усуненням яких працюють як виробники техніки, так і науковці.

Як правило, удосконалення сільськогосподарських машин стосується функціонування основних робочих органів. В даному випадку це диск і стояк [1-3].

В той же час, як показує досвід експлуатації технологічна надійність машини багато в чому залежить від конструктивних елементів, що забезпечують функціонування дискового робочого органу.

Метою досліджень є покращення експлуатаційних характеристик за рахунок удосконалення допоміжних елементів конструкції машини.

Результати досліджень. Конструкція дискової борони ДСМ АГД-2,4 має наступні відмінності. З метою підвищення жорсткості рами вона виготовлена з труби 100x100x6 сталь S355J2H Збільшення жорсткості рамної конструкції призвело до зменшення прогинів в процесі динамічного навантаження. Як наслідок покращилась сталість ходу за глибиною до  $\pm 1.5$  см проти 2,0 см у серійної машини. Висота непорушених гребенів на дні борозни (0,25-0,30)·а, де а – глибина робочого ходу, проти 0,33 у серійної машини.

Стояк диска оснащений механізмом регулювання кута постановки диска до напрямку руху на основі фігурних фрикційних шайб, (рис.1). Використання фігурних фрикційних шайб дозволило розширити діапазон регулювання кута постановки диска до напрямку руху до 35 градусів і зробити його регулювання фіксованим з шагом у 7 градусів, що розширює технологічні можливості машини.

Механізм має два конструктивних виконання : жорсткий і підпружинений. Підпружинений варіант забезпечує в процесі роботи збудження мікроколивень, амплітудою до 1,0 мм, що покращує режим різання рослинних решток і особливо кореневої системи рослин.

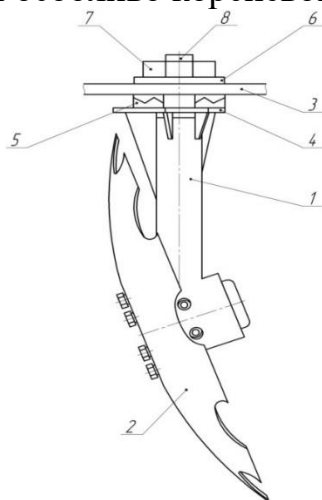


Рис. 1. Схема конструктивна стояка у зборі (базовий варіант): 1 – стояк; 2 – диск; 3 – рама машини; 4 – фланець; 5 – шайба фігурна фрикційна; 6 – шайба; 7 – гайка; 8 – хвостовик стояка

Рациональність внесених конструктивних змін підтверджена рядом польових досліджень. Дослідження виконувались на робочий швидкості 12 км/год.

Кут постановки диска до вертикалі  $\alpha = 23$  градуси.

Кут постановки до напрямку руху  $\beta = 0 - 7-14-21$  градусів.

Глибина робочого ходу 12 см.

Якісні показники кришення і розпушення не досліджувались, але методом експертної оцінки вони знаходяться в межах агротехнічних вимог

Виконання прикочуючого опорного катка трубчатим дозволило зменшити намотування рослинних решток на барабан, що в свою чергу зменшило витрати часу на його чищення.

Висновки. Основним показником що характеризує ефективність внесених змін слід вважати підвищення на 10 -15% коефіцієнту використання робочого часу зміни за рахунок зменшення часу на усунення технологічних відмов.

Список використаних джерел

1. Гуцол О. П. Обґрунтування параметрів і режимів руху ґрунтообробних машин з дисковими робочими органами: автореф. дис... канд. техн. наук. Мелітополь, 2012. 24 с.

УДК 631.362.3

## **РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ПО ОЧИЩЕННЮ НАСІННЯ ЦУКРОВОГО БУРЯКА ВІД ДИКОЇ РЕДЬКИ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ПОДАЧІ МАГНІТНОГО ПОРОШКУ В ЕЛЕКТРОМАГНІТНІЙ НАСІННООЧИСНІЙ МАШИНІ**

*Головченко Г. С.*

*Сумський національний аграрний університет*

Постановка проблеми. В сільськогосподарському виробництві післязбиральна обробка насіння займає важливе місце і має велике значення в зниженні собівартості продукції і одержанні високих врожаїв. Видалення із вороху насіння цукрового буряка насіння бур'янів значно підвищує товарну їх цінність, поліпшує їх посівні якості, знижує засмічення полів і розповсюдження бур'янів. У останні роки в Сумський та інших областях України насіння цукрового буряка засмічене дикою редькою.

Аналіз основних досліджень. Чинним державним стандартом на насіння цукрового буряка встановлено, що дикої редьки в насінні цукрового буряка не повинно бути більше, ніж 0,1 % за масою. Після вивчення складу насінневого матеріалу цукрових буряків, який використовують на практиці

буряківники Сумщини, і відповідних розрахунків встановлено, що в 1 кг насіннєвого матеріалу цукрових буряків має бути не більше 50 – 55 насінин дикої редьки [1].

Фактично на насіннеочисні заводи надходять партії насіння цукрового буряка з вмістом дикої редьки 250 – 350 шт. і більше в одному кілограмі.

Критична швидкість насіння цукрового буряка складає 4,0 – 6,0 м/с, а насіння дикої редьки – 3,1 – 7,3 м/с [2]. В зв'язку з цим поділу насіння цукрового буряка і дикої редьки за аеродинамічними властивостями досягти неможливо.

Насіння цукрового буряка та дикої редьки мають відповідно наступні розмірні показники: довжину 2,5 – 7,0 та 3,1 – 7,3 мм, ширину 2,5 – 7,0 та 2,2 – 6,9 мм і товщину 1,8 – 4,0 та 2,0 – 4,2 мм.

В зв'язку з цим поділу насіння цукрового буряка і дикої редьки за розмірними показниками досягти неможливо.

На гірках з поздовжнім рухом полотна часточки поділяються за формою з урахуванням шорсткості їх поверхні. Гладенькі часточки круглішої форми скочуються вниз, а більш плоскі шорсткі піднімаються полотном. На гірках можна якісно очищати насіння буряків. На гірках більш якісно очищення насіння цукрового буряка від дикої редьки відбувається із зменшенням продуктивності машини. Із збільшенням продуктивності машини спостерігається погіршення якості розподілу.

Однак, зменшення продуктивності машини не задовольняє існуючі технологічні лінії насіннеочисних заводів.

Насіння цукрових буряків відрізняється від насіння дикої редьки насамперед властивостями поверхні. Насіння дикої редьки має циліндричну форму і поверхня його більш гладенька порівняно з поверхнею насіння цукрових буряків. Оскільки суміш насіння цукрових буряків і дикої редьки за розмірними, аеродинамічними та іншими показниками розділити неможливо, передбачається провести розділення цієї суміші на електромагнітних насіннеочисних машинах.

Мета досліджень. Метою дослідження є розробка способу очищення насіння цукрового буряка від дикої редьки.

Результати досліджень. На рис. 1 наведена схема очищення насіння цукрового буряка від дикої редьки.

Суміш вихідного матеріалу 1 з магнітним порошком двома потоками подавалась лотковим транспортером 2 на доріжки обертового магнітного барабана 3 і поділялась на фракції. Насіння дикої редьки скочувалось вниз і виводилось через вихід I приймача, насіння цукрового буряка з прилиплим магнітним порошком – через вихід III. Частина насіння цукрового буряка і дикої редьки, які частково обволікались порошком, виводились із машини через вихід II. На якість розділення насіння цукрового буряка та дикої редьки впливало положення заслінок приймача 4.

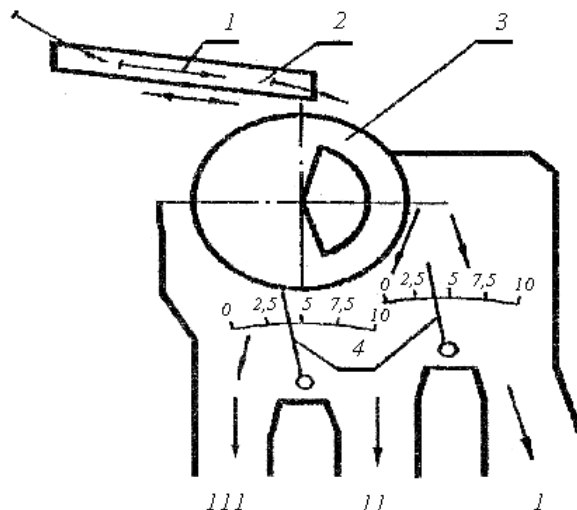


Рис. 1. Схема очищення насіння цукрового буряка від дикої редьки: 1 – суміш вихідного матеріалу з магнітним порошком; 2 – лотковий транспортер; 3 – магнітний барабан; 4 – заслінки приймача; I, II, III – виходи насіння.

Мінімальний вміст дикої редьки відповідає подачі магнітного порошку 2,2 %. Із збільшенням подачі магнітного порошку вміст дикої редьки в сходах зростає. Це можна пояснити тим, що починаючи з деякої подачі магнітного порошку обволікання дикої редьки збільшується і очищення насіння цукрового буряка погіршується.

Виходи (II + III) із збільшенням подачі порошку збільшуються..

Подібну зміну виходів можна пояснити тим, що із збільшенням подачі порошку обволікання насіння зростає. В зв'язку з тим, що вихід I буде зменшуватись, буде відбуватись перерозподіл насіння в виходах II і III. Із збільшенням відкриття заслінки зменшується поверхня магнітного барабана, з якої відсікається насіння, що спрямовується в вихід I. Поверхня барабана, з якої сходять насіння в виходи II і III з відкриттям заслінок зростає.

Зростання вмісту дикої редьки в виходу I із збільшенням відкриття заслінок пояснюється тим, що в цьому виході буде зменшуватись доля насіння цукрового буряка.

Зменшення виходу I і збільшення виходу (II + III) обумовлюється причинами, які викладені вище. Із збільшенням відкриття заслінок відбувається перерозподіл насіння по виходах, в зв'язку з цим вихід I зменшується, а вихід II зростає.

Із збільшенням подачі магнітного порошку вміст дикої редьки (%) в виході I знижується при різних положеннях заслінок приймача. Це пояснюється виносом її в інші виходи в зв'язку з більшим обволіканням.

**Висновок.** Результати дослідів показують, що по вмісту дикої редьки в цукровому буряку можуть задовольняти на деяких режимах виходи (II + III).

При подачі магнітного порошку 3,6% і положенні заслінок приймача на поділці 5 можна вміст дикої редьки знизити до 39 шт. в одному кілограмі цукрового буряка при виході насіння 88%.

Більшого зниження вмісту дикої редьки (до 26 – 28 шт.) можна досягти при подачі магнітного порошку 2,2 % і положеннях заслінок на поділках 2,5 і 5 при виході насіння 80,6 – 84,9 %, а також при подачі магнітного порошку 3,6 % при положенні заслінок приймача на поділці 2,5 і виході насіння 82,5 %.

Виконання вимог державного стандарту на очищенні насіння цукрового буряка від дикої редьки забезпечує робота електромагнітної насіннеочисної машини на деяких режимах.

Список використаних джерел

1. ДСТУ 8140:2015 на насіння цукрового буряка.
2. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів : підручник / О.М. Царенко, Д.Г. Войтюк, В.М. Швайко та ін.; За ред. С.С. Яцуна. К.: Мета, 2003. 448 с.
3. Сільськогосподарські та меліоративні машини: підручник / Д.Г. Войтюк, В.О. Дубровін, Т.Д. Іщенко та ін.; За ред. Д.Г. Войтюка. К.: Вища освіта, 2004. 544 с.

УДК 531.7

## **МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ВТРАТИ МАСИ ТРАВМОВАНИХ БУЛЬБ КАРТОПЛІ ПРИ ТРИВАЛОМУ ЗБЕРІГАННІ**

*Грабар І. Г., Савін Н. О., Левик А. С.  
Поліський національний університет*

Вступ. Як відомо [1], в нашій державі щорічні врожаї картоплі складають до 20 млн т. Приблизно п'ята частина врожаю закладається на тривале зберігання, як насіннєвий фонд, до половини врожаю – для продовольчого та кормового призначення, а решта – біля 30% - направляється на технічну переробку. Звідси слідує, що на тривале зберігання – пів року і навіть більше – направляється до 14 млн т бульб. З поля до сховища картопля проходить складний шлях. При цьому виникає зіткнення бульб з робочими органами машин – картоплекомбайнів, транспортерів, вантажного транспорту. Причому сучасні тенденції конструювання машин направлені на подальше збільшення продуктивності,

що вимагає збільшення робочих швидкостей процесів, а значить – ще збільшує травмування бульб. Сумарно на всіх етапах від поля до сховища, кількість травмованих бульб може сягати до 15% і більше. При цьому тривале зберігання травмованих бульб ускладняється не лише можливістю потрапляння через травмовані ділянки шкочинних бактерій та прискороного гниття, а й підвищена деградація (зменшення) маси бульб. Варто зазначити, що частина травм заліковується, однак в цілому процес травмування бульб суттєво ускладнює технологічний процес збирання та зберігання врожаю картоплі. Застосування гасителів ударів за рахунок гумових стрічок, покращення геометрії робочих органів та бункерів-накопичувачів лише частково покращує ситуацію.

Травмовані бульби на загоєння пошкоджень інтенсивніше витрачають запаси білків та амінокислот, що веде до зниження харчової цінності бульб. Навіть при правильному зберіганні бульб процес загоєння може сягати до 10. Однак, як показано вище, за цей досить тривалий час в травми потрапляють шкочинні бактерії, що часто приводить до появи різних видів гнилі – мокрої, сухої та фузаріозної. Процес гниття добре описується експоненціальним рівнянням швидкості реакції С.Арреніуса, звідки на пряму слідує багаторазове пришвидшення процесу навіть при незначному зростанні температури та вологості в зоні зберігання. При цьому навіть в умовах зберігання при  $+3^{\circ}\text{C}$  бульби виділяють значну кількість тепла, що може сягати 10...30 кДж/т.

Постановка задачі та методика експерименту. В даному дослідженні необхідно було виявити кількісну залежність та побудувати математичну модель зміну маси травмованих бульб від часу зберігання та параметрів травм. Травми на бульби наносились з наперед заданою геометрією. При цьому твизначались два параметри для кожної бульби:

$$\varphi = St/St_t \quad (1)$$

$$\theta = St/m_b \quad (2)$$

де  $St$  – сумарна площа травмованої поверхні,  $St_t$  – сумарна площа нетравмованої поверхні,  $m_b$  – маса травмованої бульби.

Досліди проводились на бульбах високоврожайного сорту «Грандада», що на даний час користується великою популярністю в картоплярів.

Теоретичні передумови. В сучасних моделях для кількісних оцінок зміни досліджуваної маси використовують два основних наближення для швидкості процесу [3]:

$$dm/dt = -C_1 * m^N \quad (3)$$

$$dm/dt = C_2 * t^R \quad (4)$$

Точний розв'язок (3) легко отримати в лінійному наближенні для  $N=1$ . Тоді

$$m(t) = m_0 * \exp(-\beta t) \quad (5)$$

Відповідно для рівняння (4) легко отримати розв'язок в квадратурах при  $R=-1$ . Тоді

$$m(t) = m_0 - b \cdot \ln(t) \quad (6)$$

Саме моделі (5) та (6) вибрані нами, як основні для експериментальної перевірки процесу дефекту маси, як функції часу зберігання  $t$  та параметрів травмування  $\varphi$  та  $\theta$ .

Результати експериментальних досліджень. На рис. 1-3 наведені результати експериментальних досліджень  $m(t, \varphi, \theta)$ . Враховуючи, що  $\Theta = St/m$  (см<sup>2</sup>/Г) та  $\varphi = St/Snt$ , а також кореляційну криву рис. 3, вдалося отримати кількісні залежності зміни (дефекту) маси травмованих бульб від часу зберігання  $t$  та параметрів травмування  $\varphi$  та  $\theta$ . Кращу тісноту зв'язку  $R^2$  показала модель (6). А в ній, в свою чергу, більше значення отримано при використанні параметра  $\theta$  :

$$m(\theta, t) = 1 - (0,0039 + 0,0694 \theta) \cdot \ln t \quad R^2 = 0,9798 \quad (7)$$

$$m(\varphi, t) = 1 - (0,0087 + 0,0520 \varphi) \cdot \ln t \quad R^2 = 0,9467 \quad (8)$$

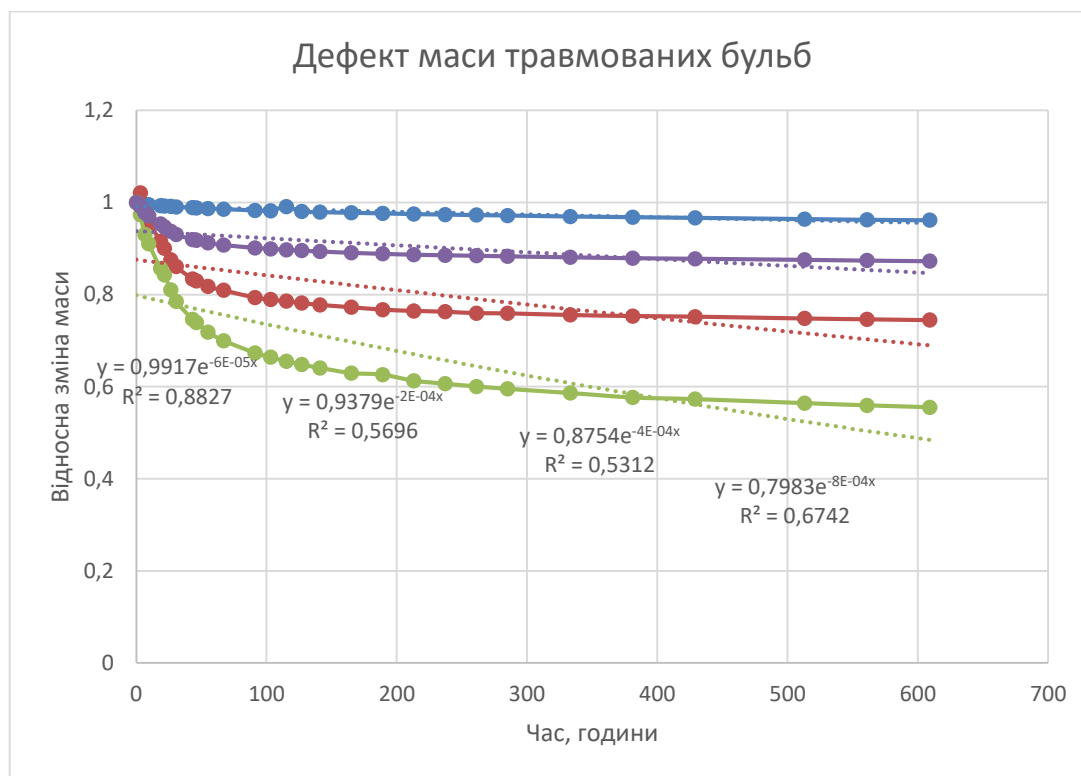


Рис. 1. Дефект маси бульб сорту «ГРАНАДА» у відносних координатах при значеннях параметрів травмування та часу зберігання із таблиці 1. Апроксимація рівнянням (5)

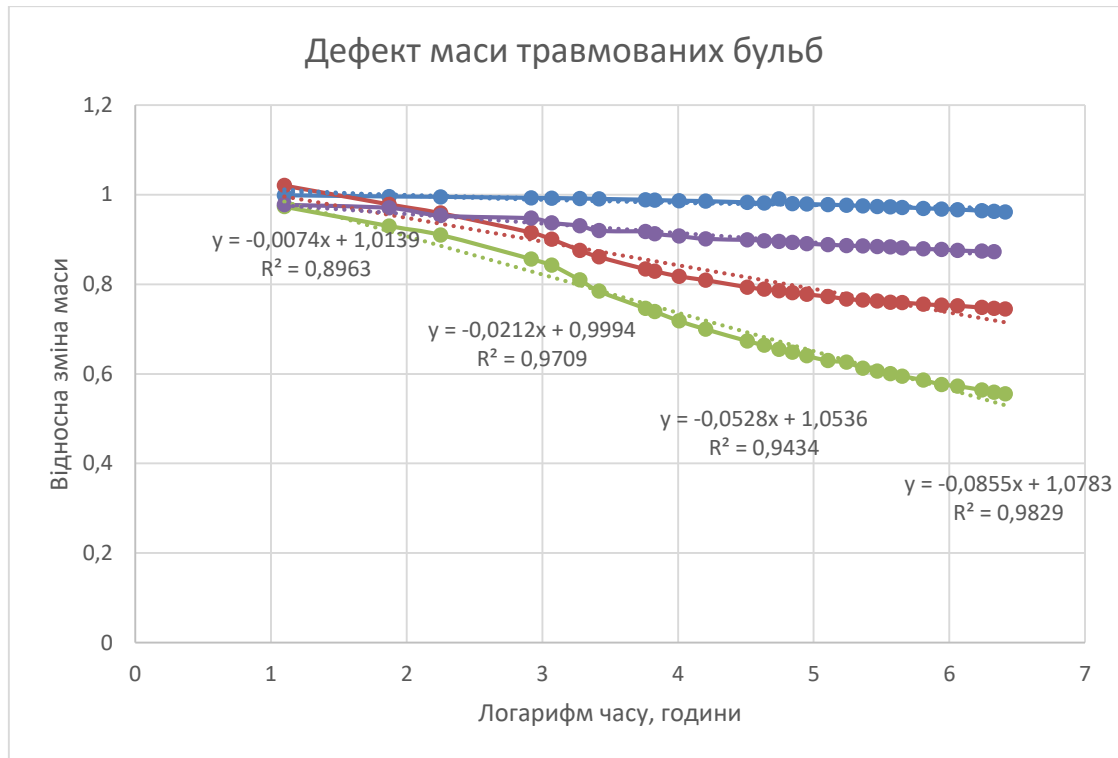


Рис. 2. Дефект маси бульб сорту «ГРАНАДА» у відносних координатах при значеннях параметрів травмування та часу зберігання із таблиці 1. Апроксимація рівнянням (6)

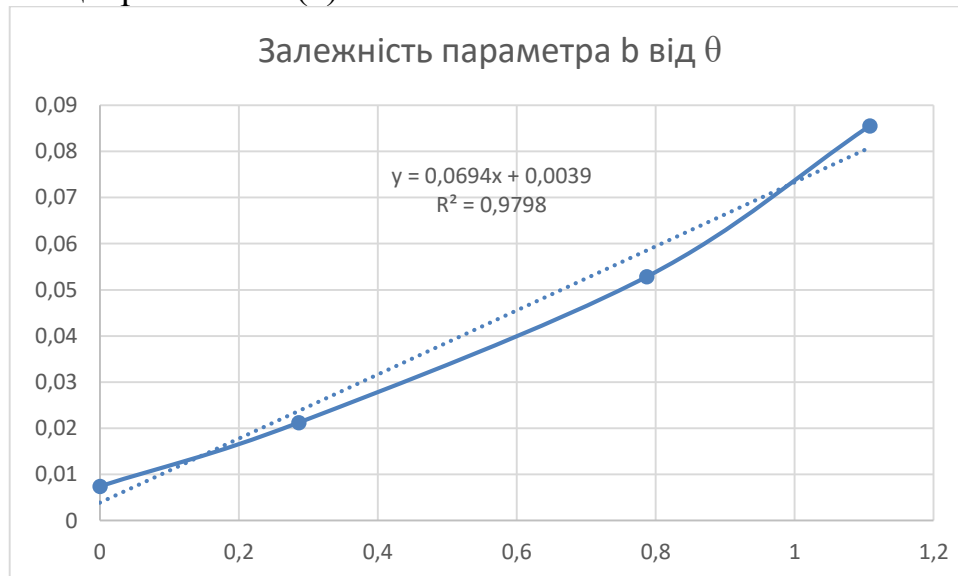


Рис. 3. Кореляційна залежність  $b(\theta)$  при апроксимації експериментальних даних рівнянням (6).

Таблиця 1. Значення параметрів  $\varphi$  та  $\theta$  в експериментальних дослідженнях

| Номер партії та номер рівняння на рис.1 та рис.2 (зверху вниз) | 1 | 2     | 3     | 4     |
|----------------------------------------------------------------|---|-------|-------|-------|
| $\varphi$                                                      | 0 | 0,338 | 0,628 | 1,533 |
| $\theta$                                                       | 0 | 0,286 | 0,787 | 1,108 |



### Висновки.

1. Запропонована методика та проведені експериментальні дослідження кількісного впливу параметрів травмування на дефект маси травмованих бульб в часі.

2. Отримана математична залежність зміни маси від часу зберігання та параметрів травмування.

3. Для кількісної оцінки в моделі параметрів травмування запропоновано безрозмірний параметр відношення площі травмованої поверхні до нетравмованої  $\varphi = St/Snt$  та розмірний параметр  $\theta = St/m$  (см<sup>2</sup>/Г). Встановлено, що параметр  $\theta$  дає більш високе значення коефіцієнта кореляції, ніж параметр  $\varphi$ .

### Список використаних джерел

1. Подпратов Г.І., Рожко В.І., Скалецька Л.Ф. Технологія зберігання та переробки продукції рослинництва. К. : Аграрна освіта, 2014. 393 с.

2. <https://zelenasadyba.com.ua/na-gryadci/10-najkrashhix-sortiv-kartopli-rejting-chitachiv-zelenoyi-sadibi.html>

3. Грабар І.Г. Основи надійності машин. Житомир: ЖІТІ. 1999. 256 с.

УДК 633.522

## **ЖНИВАРКА З РІЗАННЯМ СТЕБЕЛ ІЗ КОВЗАННЯМ ТА ВРАХУВАННЯМ ШВИДКОСТІ РУХУ АГРЕГАТУ**

*Шейченко В. О., Дудніков І. А., Біловод О. І.*

*Полтавський державний аграрний університет*

*Шевчук В. В.*

*Уманський національний університет садівництва*

Постановка проблеми. Згідно з теорією різання матеріалів різання лезом розрізняють як рубальне, з повздовжнім переміщенням без ковзання і різання з ковзанням. Велика кількість ножів, їх нахил установки та частота взаємодії зі стеблами рослин веде до підвищення енерговитрат обладнання, що є недоліком жниварок з ріжучим апаратом. Таким чином удосконалення процесу різання з ковзанням по стеблам рослин нині залишається нагальною проблемою.

Метою досліджень є підвищення ефективності та зменшення енерговитрат ріжучих апаратів мобільних збиральних машин завдяки теоретичному обґрунтуванню можливостей їх застосування для різання стебел із ковзанням з врахуванням швидкості руху агрегату.

Результати досліджень. В загальному вигляді процес різання стебла ріжучим апаратом це поперечний відгин стебла сегментом до моменту

виникнення протидіючого підпору і наступного зрізу. Поперечний відгин досягає максимального значення в залежності від швидкості різання, фронтального переміщення ріжучого апарату і його конструкційних параметрів.

Жниварка це напівнавісна машина з приводом робочим органом від вала відбору потужності трактора. Вона призначена для збирання культурних рослин суцільного і широкорядного посівів.

Сутністю запропонованого технічного рішення є створення жниварки з покращеними режимами різання з ковзанням стебел культурних рослин з врахуванням швидкості руху агрегату.

Поставлена задача вирішується тим, що жниварка з ріжучим апаратом містить ріжучий апарат, відділювач рослин, секційний конвеєр, голчастий конвеєр, підбійку, в'язальний апарат, розстилаючий апарат, механізм нахилу, сницю з карданною передачею, раму, згідно з корисною моделлю, у ріжучого апарата лезо ножів розміщено паралельно вектору абсолютної швидкості руху ножа відносно стебла і визначаються за формулою  $V = \arctg V_n/V_t$  і оптимальні режими різання досягаються при  $\tg \beta = V_t/V_n = K_\beta \geq 2$  в діапазоні кутів ковзання  $61,4 \leq \beta < 90$ ;  $(\varphi + \Delta\varphi) \leq \beta \leq (90 - \Delta\xi)$  при  $K_\beta - \sin(\xi - \varphi)/\cos \xi$  зі співвідношенням трансформованого і конструктивного кутів заточки  $\tg \alpha = \tg \alpha (0,08 \dots 0,443)$  з кутом скосу леза  $Q = (90 - \beta)$  - де;  $V_n$  – швидкість руху леза ножа відносно рослин у горизонтальній площині,  $V_t$  – швидкість руху леза ножа відносно рослин у вертикальній площині,  $\beta$  – кут ковзання леза,  $K_\beta$  – коефіцієнт ковзання леза,  $\alpha$  – двогранний конструкційний кут заточки між опорною і робочою гранями,  $\varphi$  – кут тертя леза по стеблу,  $\Delta\varphi$  – число градусів (4...5),  $\Delta\xi$  – число градусів (18...20),  $\xi$  – кут,  $Q$  – кут скосу леза.

Різання з ковзанням характеризується великим кутом, при якому сила тертя досягає максимального значення, але не врівноважує складову  $N_t$ .

Відомо, що кут тертя, це кут між нормальною поверхнею тіла і рівнодіючою сил нормального тиску і тертя. У стебел пшениці, жита, риса, кукурудзи, вівса, соняшника коефіцієнти тертя спокою по сталі складають 0,36...0,58, кут тертя спокою складає 20...30°, відповідно для стебел льону і коноплі коефіцієнти тертя спокою по сталі складаються 0,31...0,38, а кути тертя по сталі складають 18...21°.

На практиці ніж для зрізання стебел рослин ззовні це клин, яким розрізняють геометричні елементи, що зображені на фігурі (4). Опорна грань (32) це площина, якою клин опирається на стебло і ковзається по його масиву. Робоча, або лицева, грань (33) – поверхня клина, яка складає гострий кут з опорною гранню, по ній ковзається і нею направляються відрізані стебла рослин. Кут заточки ножа  $\alpha$  двогранний кут між опорною і робочою гранями ножа. При існуючих формах заточки ножів (15), перевага надається асиметричному окрайку з кутом при вершині від 14,7° до 29,3° і визначаються вимогами зрізання стебел та енергетичними затратами. Лезо

(34), ріжуча або робоча кромка – теоретична лінія перерізу опорної та робочої граней, в дійсності – поверхня з малим радіусом кривизни, яка поєднує опорну (32) і робочу (33) грані, і мають по довжині багато мікрозубів. Гострота леза – подвоєний радіус кривизни поверхні реального леза (34). На ефективність процесу різання впливає кінематика, яка визначається швидкостями точок леза.

Висновки. Встановлено, що жниварка із запропонованим ріжучим апаратом за умов реалізації якісного різання з ковзанням стебел рослин, уможливорює збільшення продуктивності на 17 %.

УДК 631.365

## **НОВІТНІ МЕТОДИ ПІСЛЯЗБИРАЛЬНОЇ ОБРОБКИ ЗЕРНА**

*Полевода Ю. А.*

*Вінницький національний аграрний університет*

Постановка проблеми. Однією із проблем є зберігання сільськогосподарської продукції серед зернових, оскільки частина врожаю втрачає свої посівні якості під час тривалого зберігання на елеваторах і хлібоприймальних пунктах. Звідси випливає і друга проблема, зниження урожайності зернових на території України, тому важливим є визначення причин таких результатів [1, 2].

Мета дослідження. Метою дослідження є аналіз впливу озонного повітря на зерно для здійснення технологічної операції післязбиральної обробки зерна.

Аналіз останніх досліджень. Основною даною технологією є протруювання насіння. Досить перспективним в цьому плані є застосування озонного повітря, так як воно більш екологічне. Цей метод являється санітарним засобом обробки зерна, перш за все ставить за мету запобігти або зруйнувати мікрофлору й токсини. Озоноване повітря є одним із самих сильних окислювачів, здатних окислювати високомолекулярні токсичні та ароматичні сполуки. Крім цього треба врахувати, що життєдіяльність всіх пліснявих грибів і мікроорганізмів залежить від води.

Вибір озону – не випадковий. У нього багато переваг: простий, доступний і дешевий спосіб отримання електросинтезом з кисню (витрати електроенергії на 1 кг озону 20 кВт/год), можливість отримання різних концентрацій (від ГДК до 7 об'ємних), високий окислювальний потенціал (поступається тільки фтору і нестабільним радикалам), безвідходне виробництво (швидко розпадається, перетворюючись на кисень), екологічна сумісність з довкіллям (є присутнім в атмосфері, підтверджує чистоту

повітря).

Для здійснення технологічної операції післязбиральної обробки зерна запропоновано вібраційну сушарку, яка інтенсифікує процес сушіння зерна, забезпечуючи збільшення площі насіннєвого матеріалу, яка безпосередньо контактує з озono-повітряною сумішшю. Використання вібраційних технологій під час сушіння збільшує продуктивність машини, підвищує технологічність процесу [3, 4].

Впровадження технології обробки насіння озонованим повітрям виключає застосування ядохімікатів, необхідних для знезараження поверхні насіння, покращує екологію праці робітників та навколишнього середовища, збільшує період безпечного зберігання.

Зараженість насіння хворобами – це наявність на поверхні чи в середині, чи у міжnasіннєвому просторі життєздатних патогенів, які спричинили або здатні за сприятливих умов спричинити хворобу насіння, проростків і рослин, які вегетують з характерними симптомами. Визначаючи зараженість насіння хворобами встановлюють наявність або відсутність грибів і бактеріальних хвороб, їх збудників, видовий склад і ступінь зараженості. Основним показником зараженості насіння хворобами є відношення кількості зараженого насіння до облікового виражене у відсотках [3].

Результати досліджень. Для проведення експериментальних досліджень була задіяна вібраційна установка (рис.1), яка дає змогу отримати особливий стан оброблюваного матеріалу – киплячий шар. Обертний рух від двигуна передається вібропривода, при обертанні незрівноважених мас якого генерується обертова сила. Під її дією контейнер приводиться в коливальний рух у вертикальній площині, з прискоренням більшим від прискорення вільного падіння. Сипкий матеріал приводиться в циркуляційний рух, а також інтенсивно обдувається повітрям збагаченим озonom, що надходить через решітчасте дно-дифузор, від вентилятора, створюючи рівні теплофізичні та аеродинамічні умови по всьому об'єму [2].

З метою проведення досліджень знезаражуючої дії озону вібраційну сушильну установку було оснащено перфорованим кожухом, для кріплення якого було виготовлено металевий каркас з'єднаний безпосередньою зі станиною. Нижня частина гермокожуха зазнає вібрації від контейнера, але завдяки його еластичності як у вертикальній, так і в горизонтальній площині верхній його отвір по периметру з'єднано з нерухомою металевою панеллю. Це дозволило розмістити на панелі елементи системи подачі озонованого повітря, вимірювання та автоматичного регулювання.

Генерація потоку озону відбувається в реакторі синтезу озону бар'єрного типу. Це скляний циліндр, на поверхні якого симетрично розміщені високовольтні електроди у вигляді концентричних смуг. В середині циліндра по всьому периметру розміщено пасивний електрод, виготовлений з тонкого металу. Поверхня цього електроду має шпичасті

виступи, які сприяють концентрації електричного поля та виникненню розрядів, з інтенсивним виділенням озону [1, 2].

Для надання електричної та механічної міцності скляна труба з системою електродів розміщена в циліндричному фторопластовому кожусі, у вхідному отворі якого встановлений вентилятор. Вихідний отвір камери за допомогою спеціального з'єднання сполучається з системою подачі електроактивованого повітря, що дає змогу скерувати потік озонованого повітря в потрібному напрямку.

Вимірювання параметрів вібрацій забезпечує акселерометр, який використовується в автономному режимі, як окремий зонд, виконаний в герметичному корпусі, і здійснює, по командах службового буферного мікроконтролера, отримання даних про переміщення точки свого знаходження в трьох просторових координатах, а також передачу даних в запам'ятовуючий пристрій. По завершенню циклу досліджень здійснюється зчитування інформації з запам'ятовуючого пристрою і передача через кабельний інтерфейс USB 2.0 на персональний комп'ютер для представлення в табличному або графічному вигляді.

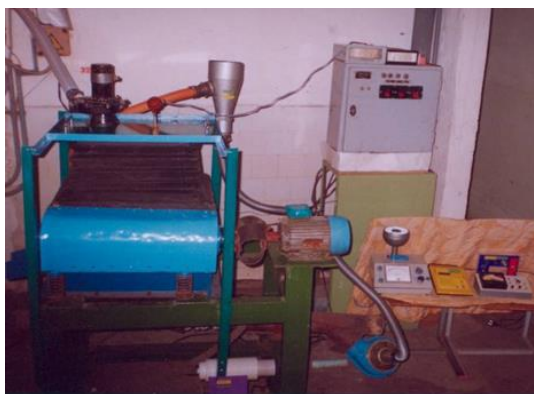


Рис. 1. Технічне забезпечення досліджень знезаражуючої дії озону. 1 – вібраційна установка; 2 – перфорований гермокожух; 3 – металевий каркас з панеллю; 4 – система подачі озонованого повітря; 5 – генератор озону з реактором бар'єрного типу; 6 – блок керування; 7 – пристрої вимірювання та автоматичного регулювання параметрів процесу.

Висновки. До передпосівної обробки озонowo-повітряною сумішшю допускається кондиційне насіння. При правильному застосуванні всіх технологічних прийомів і вимог передпосівна обробка насіння озонowo-повітряною сумішшю забезпечує приріст урожаю не менше ніж 10-15%.

Обробка насіння озоном знижує показник бактеріальної зараженості на 52%, а грибної зараженості на 67%. Збагачення озоном повітря під час активного вентилявання в поєднанні з вібраційним обезводненням при двоетапній організації сушильного процесу підвищує показники використання обладнання. Завдяки інтенсивному вібраційному змішуванню ефективність знезаражуючої дії озону значно підвищується із-за постійного

обміну поверхні контакту зовнішніх оболонок насіння з озонованим середовищем. Це дозволяє скоротити час обробки і понизити концентрацію озону, що, в свою чергу, спрощує вимоги до технічної організації процесу та сприяє розповсюдженню даної методики на обробку посівних партій насіння.

Список використаних джерел

1. Цуркан О.В., Герасимов О.О., Янович В.П., Савчук Б.В. Результати теоретичних та експериментальних досліджень динаміки руху вібраційної сушарки. Вібрації в техніці та технологіях. 2009. № 4(5). С.149–156.
2. Цуркан О.В., Полєвода Ю.А., Присяжнюк Д.В. Розробка та дослідження високопродуктивного електронного пристрою для синтезу озону у вібраційній сушарці. Вібрації в техніці та технологіях. 2021. № 3 (102). С. 15–23.
3. Kotov B., Spirin A., Tverdokhlib I., Polyevoda Y. Theoretical researches on cooling process regularity of the grain material in the layer. INMATEH – Agricultural Engineering. 2018. Vol. 54, No. 1, p. 87–94.
4. Паламарчук І.П., Янович В.П., Полєвода Ю.А., Брянський В.В. Аналіз математичної моделі вібровідцентрового змішувача для виготовлення сухих молочних сумішей. Збірник наукових праць вінницького державного аграрного університету. 2010. № 4. С. 5–12.

УДК 621.78

## **МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ДЛЯ ЗМІЦНЕННЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ІНДУКЦІЙНИМ НАГРІВАННЯМ**

*Дворук В. І.*

*Національний авіаційний університет*

*Руденко В. Г., Бучко І. О., Добранський С. С., Кіриєнко М. О.*

*Житомирський агротехнічний фаховий коледж*

Деталі машин, які взаємодіють з ґрунтом працюють в умовах одночасної дії фрикційного й ударного навантаження. Забезпечити їх працездатність в таких умовах здатний металевий матеріал, що володіє високою зносостійкістю поверхневого шару при в'язкій серцевині. Цього можна досягти шляхом поверхневого гартування, коли нагріванню й охолодженню піддається лише поверхневий шар з метою зміни його структури без зміни структури серцевини. Поверхнєве гартування належить до процесів, що відбуваються з високою швидкістю, тому поверхні деталей машин майже не окиснюються і не деформуються, що є важливою перевагою цього процесу.

Одним із найпоширеніших методів поверхневого гартування є спосіб індукційного гартування струмами високої частоти (СВЧ).

Відома лабораторна установка для високочастотного нагрівання зразків (рис. 1). Зразок встановлюється в індуктор, що являє собою один або кілька гвитків пустотілої мідної трубки. Струм високої частоти від генератора через трансформатор подається в індуктор, за рахунок чого створюється магнітне поле, яке викликає появу у зразку індукованого струму тієї ж частоти, але оберненого напрямку.

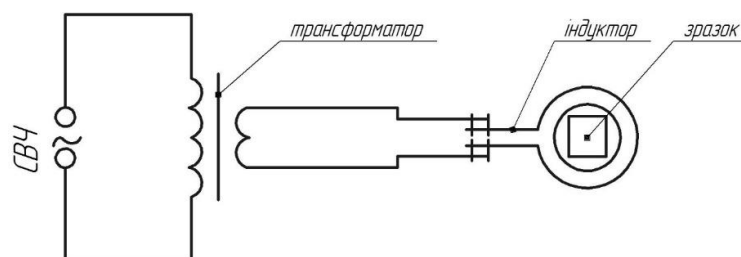


Рис. 1. Принципова схема дії індуктора установки для високочастотного нагрівання.

Особливістю індукованого струму є неоднорідність густини за перерізом зразка. Струм концентрується в поверхневому шарі а в середині зразка він відсутній.

Індукційне нагрівання забезпечує високу швидкість нагрівання, що сягає 50-500 °С/с, в той час як при пічному нагріванні вона не перевищує 1-3 °С/с. Нагрівання до необхідної температури гартування відбувається протягом 2-10 с.

Недоліком даної установки є неможливість визначити температуру нагрівання зразка індуктором.

Для усунення цього недоліку пропонується модернізувати дану установку шляхом введення до її складу високотемпературного терморегулятора, який забезпечить розрив кола живлення індуктора при досягненні заданої температури зразка. Принципова схема модернізованої установки зображена на рис. 2.

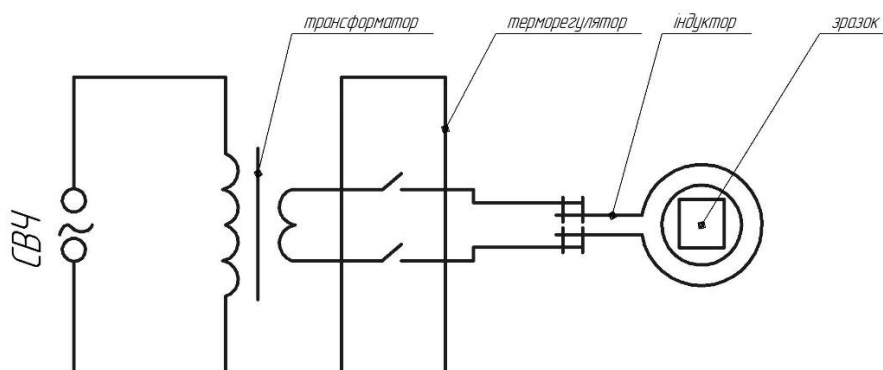


Рис. 2. Принципова схема удосконаленої установки.

В установці використаємо лінійний лабораторний блок живлення KORAD KA3010D (рис. 3).



Рис. 3. Лінійний лабораторний блок живлення KORAD KA3010D.

Характеристики:

Точність установки:  $<0,05\% + 20 \text{ мВ}$

Вихідна напруга від 0 до 30 Вольт;

Вихідний струм 0 - 10 Ампер;

Рівень пульсацій : по струму  $< 3 \text{ мА}$  , по напрузі  $< 0,5 \text{ мВ}$ ;

Коефіцієнт впливу навантаження, % :

по струму  $< 0,2 + 5 \text{ мА}$ , по напрузі  $< 0.01 + 5 \text{ мВ}$ ;

Коефіцієнт впливу напруги живлення, % :

по струму  $< 0.2 + 1 \text{ мА}$ , по напрузі  $< 0.01 + 1 \text{ мВ}$ ;

Напруга живлення : 207 ~ 253 (50 Гц);

Умови експлуатації:  $0 \sim +40^\circ \text{C}$ , відносна вологість  $< 90\%$ .

Як джерело нагрівання використовується вихровий індукційний нагрівач Low ZVS (рис. 4).

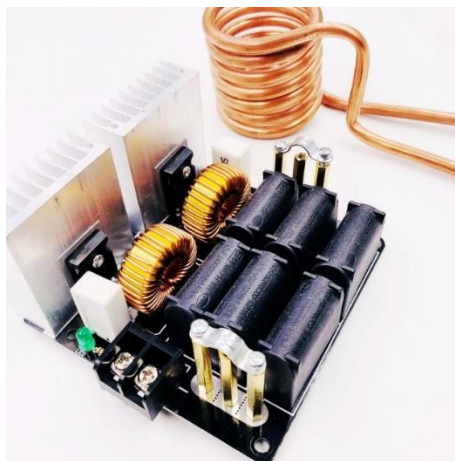


Рис. 4. Вихровий індукційний нагрівач Low ZVS.

Характеристики:

Вихідний струм, не більше 20А;



Мінімальна вхідна напруга 12В;

Максимальна вхідна напруга 48В.

Для розриву кола живлення індуктора при досягненні заданої температури використаємо високотемпературний терморегулятор SKL W1315 (рис. 5).



#### Характеристики:

Діапазон вимірювання температури: -99...+999 С;

Напруга живлення: 220 В;

Максимальний струм комутації реле: 10 А;

Розміри: 79\*54 мм;

Розмір екрана: 41х19 мм;

Розмір монтажного отвору: 71х41 мм;

Частота оновлень показників: 0,5 сек.

При великих швидкостях нагрівання перетворення перліту в аустеніт зміщується в область більш високих температур, а ріст зерна аустеніту, при цьому, не встигає відбутись, тому температура гартування при індукційному нагріванні вища, ніж при пічному.

Запропонована модернізація лабораторної установки за допомогою високотемпературного терморегулятора дозволить проводити дослідження з запасом температури до 999°C. Варіювання вхідної напруги вихрового індукційного нагрівача з 12 до 48 В також дозволить регулювати швидкість нагрівання заготовки.

#### Список використаних джерел

1. Погребна Н.Е., Куцова В.З., Котова Т.В. Способи зміцнення металів: навчальний посібник. Дніпро: НМетАУ, 2021. 89 с.

УДК 630.2.862

## ЧИСЛЕННЕ МОДЕЛЮВАННЯ ГАЗОДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У ВІДЦЕНТРОВОМУ РАДІАЛЬНОМУ ВЕНТИЛЯТОРІ ПОСІВНИХ МАШИН

*Мельник В. І., Зеленський О. П., Зеленський А. П.  
Державний біотехнологічний університет*

Нині у техніці сільськогосподарського призначення широко застосовуються відцентрові радіальні вентилятори (ВРВ) високого тиску. Які є одним із найважливіших вузлів пневматичної системи сучасних сівалок точного висіву. Часто ВРВ працюють у широкому інтервалі значень витрат повітря, що впливає на їх продуктивність і, відповідно, на стійкість роботи пневматичних систем сівалок загалом. Зрештою, все це позначається на якості роботи та продуктивності посівних машин і, як наслідок, швидкості та якості проведення посівних робіт. Створення надійного та ефективно працюючого ВРВ, як основи пневмосистеми сівалки, забезпечить подальше підвищення якісних показників її роботи. Для цього необхідне детальне вивчення та глибоке розуміння робочого процесу, що протікає у між лопаткових каналах ВРВ. Застосування отриманих знань при проектуванні ВРВ дозволить уникнути помилок і, з рештою, призведе до підвищення газодинамічної стійкості, коефіцієнт корисної дії (ККД) та загальної ефективності розроблених вентиляторів. Тому було розглянуто дослідження повітряних потоків за допомогою чисельних методів заснованих на розв'язанні рівнянь Нав'є-Стокса. Розглядаючи ВРВ як агрегат у складі пневматичної системи сівалки, було розглянуто методологію чисельного моделювання газодинамічних процесів, що відбуваються в міжлопаткових каналах вентилятора, а також визначення його оптимальної конструкції та характеристик. [Ошибка! Источник ссылки не найден., Ошибка! Источник ссылки не найден., Ошибка! Источник ссылки не найден.]

Послідовність чисельного моделювання процесів, які відбуваються у ВРВ:

- аналіз існуючих моделей вентиляторів пневматичних сівалок точного висіву;
- формування технічного завдання на розробку моделі;
- математична постановка задачі проектування;
- визначення геометричних параметрів і створення геометричної схеми, а також профілю робочого колеса вентилятора;
- реалізація 3D-моделювання моделі вентилятора, що розглядається [Ошибка! Источник ссылки не найден.];

- обґрунтування вибору математичної моделі, що описує течії повітря та методу розв'язання;
- вирішення рівнянь обраної математичної моделі повітряного потоку [0];
- аналіз отриманих результатів та оптимізація геометричних форм проточної частини проектного ВРВ.

Також було розглянуто процес моделювання потоків повітря у ВРВ. Після створення моделі процесів, що відбуваються у ВРВ, так і в трубопроводах пневматичної системи, виробляємо сіткову апроксимацію розрахункової області. Можливо створити як неструктуровану розрахункову сітку, так і блочно-структуровану. Потім виконуємо вибір моделі суцільного середовища (в даному випадку, повітря). Середовище може бути таким яке стискається і таким, що не стискається. Обґрунтовуємо граничні умови, в даному випадку для рухомих і нерухомих елементів, а також описуємо пристінні течії потоку модельного середовища (процесу виникнення турбулентності). У ході виконання рішень оцінюємо точність. При цьому проводиться оцінка математична та фізична, дається оцінка похибки під час моделювання та дискретизація ітераційного рішення. Проводимо аналіз одержаних результатів ВРВ. Такий аналіз може бути графічним, чисельним. Описуємо кореляційні зв'язки між змінними, що вивчаються. Проводимо аналіз, використовуючи метод статистичного аналізу, кореляційний, дисперсійний чи факторний. На їх основі робимо висновки про подальші дії при проектуванні моделі: відправляємо у виробництво чи доопрацювання.

Під час вивчення газових потоків, які виникають у пневматичній системі велику увагу приділяємо вивченню зон та областей, в яких виникає турбулентність та зон збурень (вихроутворень) потоку повітря, що негативно впливають на характер течій, сприяючи втратам швидкості, тиску та витрат повітря. Нами було проведено газодинамічне моделювання різних моделей вентиляторів шляхом множинного повторення розрахунків з різними заданими граничними умовами та подальшого опосередкування **[Ошибка! Источник ссылки не найден.,Ошибка! Источник ссылки не найден.]**. Моделювання робочого процесу ВРВ, відбувалось на чотирьох типах вентиляторів у яких з відмінностей були, кути входу потоку та кількість лопаток, частота обертання ротора була прийнята 5000 об/хв, а модель турбулентності – k-ε. Проводились дослідження над вентилятором із загнутими лопатками проти годинникової стрілки та за годинниковою стрілкою. Проаналізувавши параметри отримані в ході моделювання, було встановлено, що найбільший ККД та витрати повітря становить у вентилятора (модель №03400Z24R50), де розглядається вдосконалений профіль лопатки, з кутом входу на 34°.

На основі представленої методики розрахунку газодинамічних параметрів реалізована можливість оцінити характер перебігу повітря у

проточній частині ВРВ, зробити висновки щодо форми та розмірів трубопроводів, оцінити якість проектування самого відцентрового колеса, тобто, кутів установки, розмірів, товщини та кількості лопаток, а також шуму та факторів безпеки.

Дослідження показують, що при проектуванні досягнення бажаних режимів перебігу повітря, високих показників потоку в міжлопаткових каналах ВРВ і, зрештою, прийнятних значень заключних параметрів ВРВ, може бути досягнуто шляхом ретельного профілювання та впровадження нових конструкційних рішень.

Використання САЕ – пакетів програм на основі CFD - методів при моделюванні газодинамічних характеристик перебігу газів у проточних частинах ВРВ та пневматичних систем загалом є дуже ефективним. Це дає можливість спрогнозувати кінцеві параметри та значно знизити витрати часу та ресурсів на проведення доведення таких систем. В подальших дослідженнях при проектуванні відцентрових радіальних вентиляторів бажано провести аналіз впливу різних моделей турбулентності на якість розрахунку течій повітряного потоку, а також провести порівняльний аналіз з експериментальними даними. Такий підхід слід рекомендувати широкому застосуванню.

Список використаних джерел

1. Schlichting H., Gersten K. Boundary-Layer Theory. Ninth Edition. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2017-805 p.

УДК 635.262:631.53

## **АГРЕГАТ ДЛЯ ВИДАЛЕННЯ НАСІННЄВИХ СУЦВІТЬ ОЗИМОГО ЧАСНИКУ**

*Волянський М. С., Супрун М. Ю.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Постановка проблеми. Часник – цінна харчова і лікарська культура. Світове виробництво часнику становить 26,6 млн. т, з них Китай - 21,2; Індія – 1,4; Бенгладеш – 0,38; Єгипет і Південна Корея по 0,28; Росія – 0,26 млн. т.

В Україні у 2020 році посівна площа під часником становила 23,9 тис. га, з них 0,9 тис. га – це посіви сільськогосподарських підприємств, решта – домашні та дрібні фермерські господарства. Урожайність часнику в Україні складає 4...6 т/га, але окремі виробники збирають і до 20 т/га. Валовий збір часнику не перевищує 200 тис. т., а це лише 30 % потреби, 70% - імпортують.

Основними факторами стримування виробництва часнику є низький рівень механізації вирощування часнику, великі затрати ручної праці, оскільки є технологічні операції, які виконуються тільки вручну. Однією з таких операцій є видалення насінневих суцвіть часнику.

Аналіз останніх досліджень. Найпоширеніші схеми садіння часнику це шість рядків між колесами трактора, чотири рядки або три. Ширина міжрядь – більше 25 см, відстань між рослинами – 8...12 см, а глибина садіння – 6...10 см.

Своєчасне видалення насінневих суцвіть озимого часнику сприяє збільшенню розмірів головок часнику та на третину підвищує урожайність і забезпечує на 2 тижні і більше більш раннє дозрівання, яке досягається висмикуванням, зрізуванням і відламуванням. Висмикування – призводить до надриву стебла, пошкодження кореневої системи або виривання разом з коренем. Тому, доцільно відламувати, відщипувати або зрізати.

Мета досліджень. Зменшити затрати ручної праці при видаленні стрілок насінневих суцвіть озимого часнику.

Результати досліджень. Обґрунтовано механізований спосіб видалення насінневих суцвіть озимого часнику збиванням його стрілки, оскільки зусилля виривання рослини з ґрунту 40...70 Н; зусилля виривання стрілки насінневого суцвіття 20...40 Н; а зусилля збивання (зламування) стрілки насінневого суцвіття 10...20 Н.

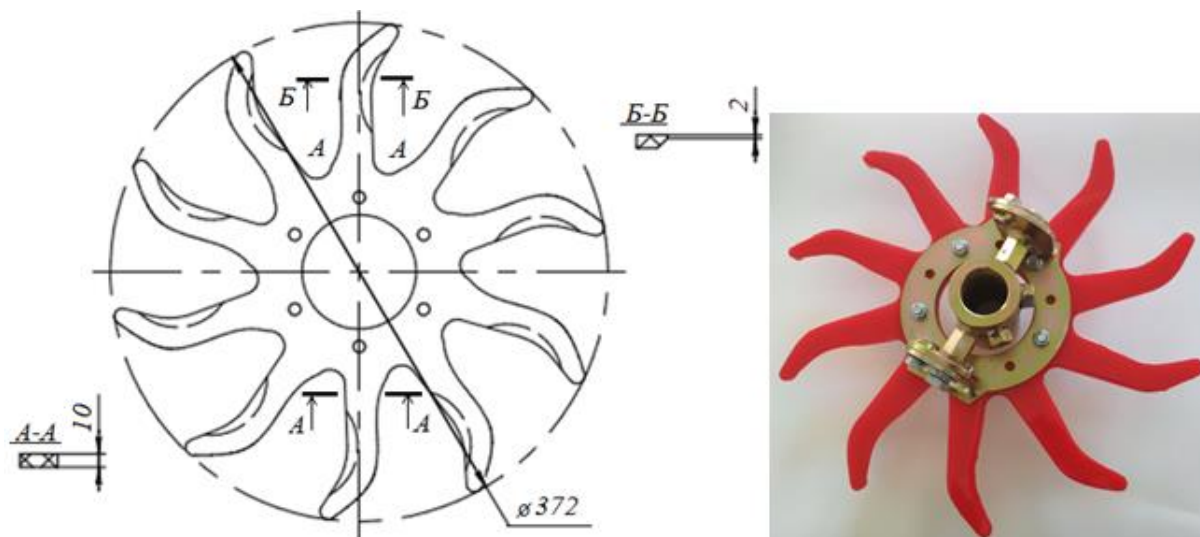


Рис. 1. Ротор для видалення насінневих суцвіть часнику.

Обґрунтовані параметри та режимів роботи агрегата для механізованого видалення насінневих суцвіть часнику, відповідно до умов: ширина міжряддя 30 см; відстань між рослинами в рядку 8 см; висота рослини 50...60 см; висота розміщення насінневих суцвіть 45...55 см; діаметр стрілки насінневого суцвіття 4...10 мм; ширина смуги розміщення стрілок насінневих суцвіть в рядку 80 мм; кількість рядків 4 шт.

Для збивання стрілки використаний еластичний ротор з поліуретану (рис. 1) товщиною 10 мм і діаметром 372 мм. Він має 10 зубців і розміщений під кутом до осі рядка від  $0^\circ$  до  $15^\circ$ , що забезпечує ширину робочої зони від 0 до 105 мм.

Конструктивна схема пристрою, який агрегатується з трактором, наведена на рис. 2. Зубці ротора знизу по чергово входять в смугу знаходження насінневих суцвіть, збивають стрілку, яка залишається на поверхні ґрунту.

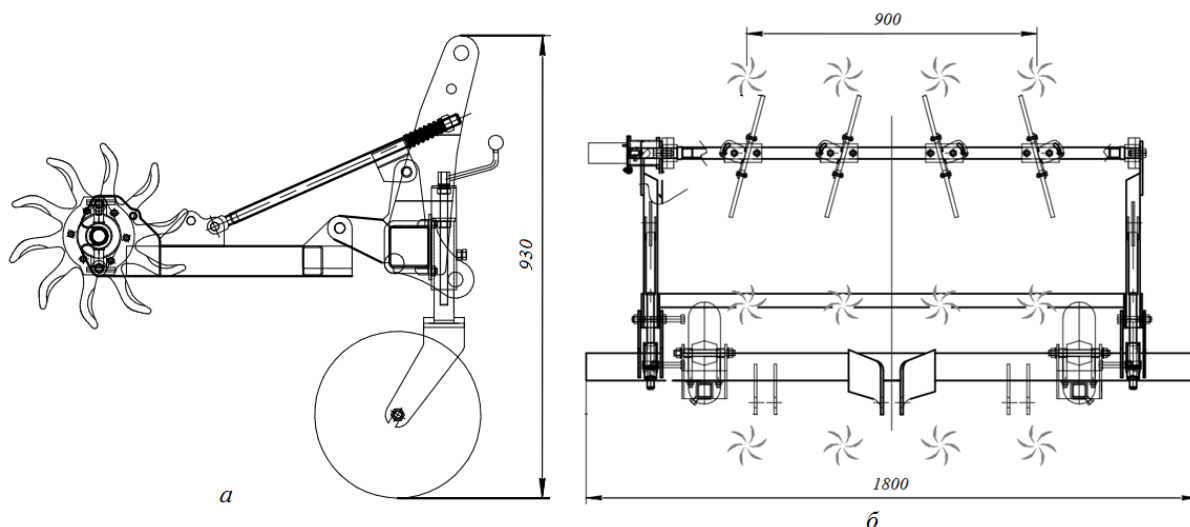


Рис. 2. Конструктивна схема пристрою для механізованого видалення стрілок насінневих суцвіть озимого часнику: а – вид з боку; б – вид зверху.

Вихідні дані до аналізу роботи ротора для видалення насінневих суцвіть часнику: діаметр ротора,  $D = 0,372$  м; кількість зубців на роторі,  $Z = 10$  шт.; кінематичний режим роботи ротора,  $\lambda = (1,2 \dots 1,8)$ .

Виконано розрахунок гідропривода роторів. Привод вала з роторами здійснюється планетарним гідромотором МР25 у якого: робочий об'єм -  $25 \text{ см}^3$ ; максимальні оберти вала -  $1408 \text{ об/хв}$ ; мінімальні оберти вала -  $20 \text{ об/хв}$ ; максимальна витрата -  $40 \text{ л/хв}$ ; максимальний крутний момент -  $33 \text{ Нм}$ ; максимальна потужність на валу -  $4,5 \text{ кВт}$ ; максимальний тиск на вході -  $17,5 \text{ МПа}$ ; максимальний перепад тиску -  $10 \text{ МПа}$ ; вага -  $5,6 \text{ кг}$ .

Якість технологічного процесу роботи ротора в значній мірі залежить від кінематичного режиму роботи  $\lambda$ , тобто відношення колової швидкості  $U$  зубця ротора до швидкості руху машини  $V_m$ ,

$$\lambda = \frac{U}{V_m} . \quad (1)$$

Колова швидкість зубців ротора  $U$

$$U = \lambda V_m , \text{ м/с}, \quad (2)$$

де  $V_m$ , м/с.

Як правило,  $\lambda = (1,2 \dots 1,8)$ .

Ступінь дії  $\eta$  ротора:

$$\eta = \frac{Z}{2\pi} \left( \arcsin \frac{1}{\lambda} - \frac{\pi}{2} + \sqrt{\lambda^2 - 1} \right), \quad (3)$$

де  $Z$  – кількість зубців ротора.

Висновок.

1. Обґрунтовано спосіб та запропоновано агрегат для видалення насіннєвих суцвіть часнику робочий орган, якого представляє собою еластичний ротор із зубцями з поліуретану. Його параметри: діаметр - 372 мм; кількість зубців -10 шт.; товщина - 10 мм; оберти – до 600 об/хв.; кут розміщення ротора до осі рядка - до 15°, що забезпечує ширину робочої смуги до 105 мм.

2. Агрегат складається із трактора і начіпного пристрою для видалення насіннєвих суцвіть часнику з чотирма роторами, які встановлені на валу, що приводиться від гідромотора, оберти якого змінюють залежно від швидкості руху агрегата регульованим дроселем.

3. Застосування агрегата для видалення насіннєвих суцвіть озимого часнику дасть змогу механізувати процес та зменшити затрати ручної праці.

Список використаних джерел

1. Бобось І. М. Господарсько-біологічна оцінка сортів часнику озимого (*Allium sativum* L.), вирощених у Лісостепу України. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України: Серія «Агрономія». 2011 . Вип. 162. Ч. 1. С. 230–235.

2. ДСТУ 3233-95. Часник свіжий. Технічні умови.

3. ДСТУ ЕЭК ООН FFV-18:2016 «Часник. Настанови щодо постачання і контролювання якості».

4. Лихацький В.І. Біологія і агротехніка вирощування часнику. Київ: УСГА, 1992. -27 с.

5. Погорілець О.М., Волянський М.С., Пастушенко С.І., Войтюк В.Д. Гідропривод сільськогосподарської техніки: навчальне видання. За ред. О.М. Погорільця. К.: Вища освіта, 2004. 368 с.

6. Попова Л.М. Часник в Україні: навчальний посібник. Одеса: ВМВ, 2011. 160 с.

7. Garlic, an Edible Biography: The History, Politics, and Mythology behind the World's Most Pungent Food—with over 100 Recipes Paperback. November 11, 2014.

*Секція*  
*Механіко-технологічні процеси, робочі органи та*  
*машини для тваринництва*

УДК 621.25

**ГІДРАВЛІЧНІ УЩІЛЬНЕННЯ ВІДЦЕНТРОВИХ НАСОСІВ  
ТА СТЕНДОВІ ВИПРОБУВАННЯ НАСОСА  
З САМОВПОРЯДКОВАНИМ РОТОРОМ**

*Горовий С. О.*

*Сумський національний аграрний університет*

Постановка проблеми. В техніці існує клас динамічних насосів, до яких відносяться відцентрові насоси. Відцентровий насос - це енергетична машина, в якій механічна енергія приводу з малими втратами перетворюється в гідравлічну енергію рідини [1]. Вони використовуються практично в усіх галузях промисловості та сільського господарства різних країн. На показники тривалості роботи та на відсутність значних витоків робочої рідини назовні суттєвим чином впливають ущільнення відцентрових насосів [2].

Аналіз останніх досліджень. Найпоширенішими конструкціями відцентрових насосів загального використання є одноступінчаті консольні агрегати, або одноступінчаті з робочим колесом двохбічного входу. Останнім часом дуже поширилася група насосів загального використання моноблочної компоновки, в якій консольна частина насоса приєднується до фланця приводного двигуна. Для отримання великих напорів перекачуваної рідини найчастіше застосовують багатоступінчаті насоси, які виконують у вигляді декількох однакових секцій робочих коліс з спіральними відводами послідовно з'єднаними в єдиному блоці. В усіх без винятку насосних агрегатах використовують різні типи кінцевих та між ступеневих ущільнень.

Сальникові ущільнення є найбільш розповсюдженим типом кінцевих ущільнень внаслідок їх досить простого конструктивного виконання та легкого обслуговування. В найбільш розповсюджені варіанті сальникове ущільнення складається з 5 - 6-ти розрізних кілець набивки, які вкладаються в спеціальну камеру корпусу насоса та охоплюють вал. Стиснення набивки здійснюється натисною втулкою в процесі роботи насоса до отримання крапельного витoku рідини. Сальникові ущільнення не забезпечують абсолютної герметизації вала насоса. Торцеві ущільнення забезпечують практично абсолютну герметичність насосного агрегату для дуже великого



діапазону робочих параметрів; тому їх широко застосовують в спеціальних насосах та в усіх випадках, де використання інших типів ущільнень неможливе. Головним недоліком таких вузлів є потреба в суттєвому розбиранні насосного агрегату під час монтажу та демонтажу ущільнення.

Мета досліджень. Створення конструкції відцентрового насоса з мінімальною кількістю конструктивних елементів, які б заважали само орієнтуванню робочого колеса в ущільненнях проточної частини при збереженні агрегатом довготривалої працездатності на різних режимах експлуатації. Перевірка роботи дослідного варіанта насоса на стенді.

Результати досліджень. Найпоширенішим видом внутрішніх ущільнень є гладкі шпарині ущільнення, які дуже технологічні при створенні, прості, надійні та витривалі в експлуатації. Безконтактні ущільнення проточної частини за рахунок гідродинамічних сил можуть виконувати функції внутрішніх суміщених опорних та ущільнювальних вузлів відцентрового насоса. Ротор - колесо насоса самостійно встановлюється в симетричних щілинних ущільненнях під дією гідродинамічних сил і моментів [3, 4]. Жорсткий вал традиційної конструкції трансформується в тонкий вал для передачі тільки крутного моменту від привода на робоче колесо. Джерелом робочого середовища для створення перепаду тиску на опорах - ущільненнях є сам насос, оскільки частина рідини під тиском нагнітання подається до вузлів безконтактних ущільнень, а основний потік направляється споживачеві, становлячи корисну подачу робочого колеса. Згідно методики розрахунку елементів проточної частини відцентрового насоса із щілинними опорами - ущільненнями був створений насос із модернізованим робочим колесом, який пройшов випробування на експериментальному стенді. Дослідний агрегат на базі насоса К 20/30 Китайського насосного заводу мав параметри: подача  $Q = 20 \text{ м}^3/\text{год}$ , напір  $H = 30 \text{ м вод. стовпа}$ , частота обертання  $n = 2920 \text{ об/хв}$ , споживана потужність  $P = 2,5 \text{ кВт}$ .

Модернізований агрегат був включений у схему дослідного гідравлічного стенда (рис. 1):

В процесі випробувань реєструвалися наступні параметри:

- подача насоса, діапазон вимірів від 0 до  $30 \text{ м}^3/\text{год}$ ;
- напор (тиск), діапазон вимірів від 0 до 32 м вод. стовпа;
- частота обертання електродвигуна від 2900 до 2950 об/хв;
- перепад тиску на радіальних щілинних ущільненнях насоса;
- тиск у камерах автоматичного розвантаження осьових сил.

За допомогою спеціальних токовихоревих датчиків переміщень фіксувалися малі радіальні й осьові переміщення поверхонь робочого колеса в певних місцях, а саме:

- амплітуда осьових коливань робочого колеса;
- амплітуда й фаза радіально - кутових коливань робочого колеса.

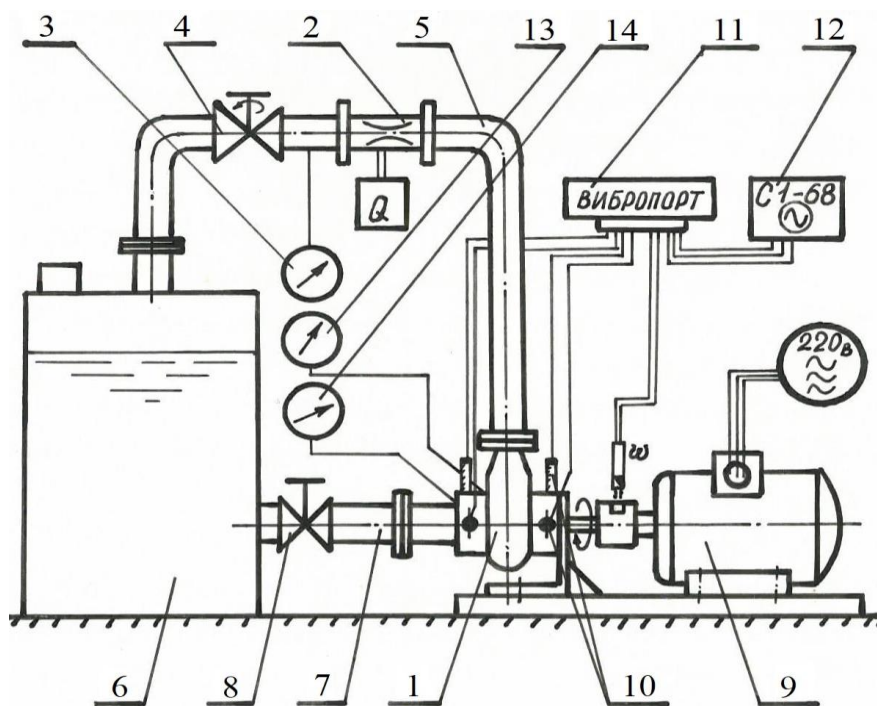


Рис. 1. Схема дослідного гідравлічного стенда: 1 – насос, 2 – вимірювач витоку рідини, 3 – манометр вихідного тиску, 4 – вентиль вихідного тиску, 5 – трубопровід вихідного тиску, 6 – ємність з рідиною, 7 – трубопровід вхідний, 8 – засувка вхідна, 9 – електродвигун, 10 – датчики переміщень (ТВД), 11 – “Вібропорт”, 12 – осцилограф С1 - 68, 13, 14 – манометри тиску на ущільненні.

Витоки рідини в гідравлічній петлі стенда крізь насос вимірялися обладнанням з вимірювального комплексу “Turbo Quant” типу НГ 75/63-135-61A001.

Сигнали з токових датчиків переміщень оброблялися універсальним приладом “Вібропорт” фірми “Брюль і Кьєр”, а їх форма реєструвалася на екрані електронного осцилографа С 1 - 68. Частота обертання вала електродвигуна й одночасно насоса вимірялася стробоскопічним датчиком приладу “Вібропорт” (точність вимірів  $\pm 1$  об/хв). Насосний агрегат пройшов тривалі стендові випробування на різних енергетичних режимах.

**Висновок.** Дослідний насосний агрегат підтвердив добру працездатність конструктивної схеми з самовпорядкованим ротором - робочим колесом на різних режимах роботи. Рівень акустичного шуму та механічних вібрацій не перевищував меж, встановлених нормативними вимогами.

#### Список використаних джерел

1. Горовий С.О. Оціночний гідравлічний розрахунок силових моментів шпаринного ущільнення. Вісник СНАУ, серія “Механізація та

автоматизація виробничих процесів”, розділ “Агротехсервіс”. 2017. № 10 (32). С. 20-23.

2. Горовий С.О. Розрахунок гідравлічних радіальних та кутових сил гладкого шпаринного ущільнення. Вісник СНАУ, серія “Механізація та автоматизація виробничих процесів”, 2019. № 2 (36). С. 7-14.

УДК 631.861

## **ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦІЇ В ПТАХІВНИЦТВІ**

*Скляр О. Г., Скляр Р. В., Болтянський Б. В.*

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

Установка системи вентиляції в пташнику необхідна та важлива умова під час його будівництва. З усіх тварин для птахів особливо значущим є забезпечення приміщення, де вони будуть утримуватися, значним обсягом збагаченого киснем повітря, вільного від різних забруднень. Так само не мало важливим є і підтримання в пташнику оптимальної вологості та температури, що значно знижує їхню захворюваність [1].

Вентиляція це один із невід'ємних компонентів контролю та підтримки оптимального мікроклімату в пташнику. Залежно від кліматичної зони, де вирощується птиця, та системи вентиляції, що використовується, всі пташники можна умовно розділити на відкритого і закритого типу. Останні, залежно від розташування припливно-витяжного обладнання, можна класифікувати на: дахову, поперечну (стінную), поздовжню (торцеву), тунельну та системи з інтегрованою системою сушіння посліду.

Природна вентиляція. Закриті пташники із системою природної вентиляції обладнані системою жалюзі, штор або припливних вікон у бокових стінах та відкритими вентиляційними шахтами у даху. Ці пристрої можуть працювати як у ручному, так і автоматичному режимі [2].

Схема роботи такої системи ґрунтується на здатності легкого теплого повітря підніматися вгору, а важкого холодного – опускатися вниз. Тепле повітря, що залишає пташник через дахові шахти, створює в приміщенні розрідження, яке засмоктує через стінні жалюзі холодне зовнішнє повітря. Крім того, через відкриті стінні жалюзі в пташник може безперешкодно потрапляти вітер із вулиці, створюючи природний протяг. Природна вентиляція має кілька переваг: низькі енерговитрати, відсутність залежності від перебоїв з подачею електроенергії, нижча собівартість порівняно з системою примусової вентиляції. Але є й недоліки: повна залежність від

зовнішньої погоди, неможливість точно регулювати рівень вентиляції, залежність від ухилу даху, швидкості та напрямки вітру, різниці між зовнішньою та внутрішньою температурою.

Тому перевагу варто віддати пташникам відкритого або закритого типу з примусовою системою вентиляції та охолодження.

Механічна вентиляція. При природній вентиляції необхідного повітрообміну або зміни температури не завжди достатньо. Набагато точніше і легко це можна регулювати за допомогою штучної вентиляції [2]. Вентилятори забезпечують набагато більшу впевненість у кількості повітрообміну. При механічній вентиляції повітря може витягуватись вентиляторами, вдуватися або поєднання обох способів. Механічна вентиляція пташників доступна у різних формах. Нижче наведено короткий опис деяких поширених систем: конькової вентиляції, витяжної вентиляції, тунельної вентиляції та поперечної вентиляції. Також можливі комбінації цих систем, наприклад, витяжна та конькова вентиляція або довга та тунельна вентиляція.

Конькова вентиляція. При коньковій вентиляції вентилятори встановлюються у повітроводах, які розміщуються у даху. Потім повітрозабірники вбудовані у бічні стінки. Конькова вентиляція зазвичай використовується лише для мінімальної вентиляції.

Поздовжня вентиляція. При поздовжній вентиляції вентилятори перебувають у торцевій стіні, а повітрозабірники – у бічних стінках. Шляхом подальшого збільшення чи зменшення швидкості обертання вентиляторів та відкриття чи закриття повітрозабірників можливий широкий діапазон повітрообміну [3].

Тунельна вентиляція. В умовах високих літніх температур висока щільність посадки негативно позначається на фізіологічному стані птиці, що виражається у зниженні яєчної продуктивності, підвищенні вибракування та відходу курей. Традиційні системи вентиляції у пташниках не дозволяють компенсувати негативний вплив високих температур на птицю. Однак при використанні тунельної вентиляції швидкість руху повітря в приміщенні може легко регулюватися, завдяки чому вдається досягти комфортних температур для птиці навіть у спеку. Застосування тунельної системи вентиляції в приміщеннях з клітковим утриманням птиці дозволяє уникнути так званих зон «застою» повітря, де швидкість руху потоку нижча за гранично допустиму норму. Установка витяжних вентиляторів проводиться між рядами кліткових батарей у потрібній кількості. Приплив здійснюється через припливні штори, що встановлюються у протилежному кінці будівлі [3].

Для опалення приміщення на багатьох підприємствах застосовують газові нагрівачі потужністю від 30 до 250 кВт. Для підтримки необхідних параметрів (температури, вологості тощо) мікроклімату в приміщенні управління всім обладнанням здійснюється за допомогою автоматичної

станції з частотним або тиристорним регулюванням швидкості обертання вентиляторів. Станції управління дозволяють підтримувати необхідні параметри мікроклімату впродовж всього зростання птиці.

Поперечна вентиляція. Для поперечної вентиляції вентилятори розміщуються у бічній стіні. Вхідні патрубки розташовані на протилежній бічній стінці. Оскільки відстань від входу до вентилятора невелика, стає можливим обмін повітря у приміщенні з дуже низькою швидкістю. Ця система підходить для переміщення як невеликої, так і великої кількості повітря [3].

Комбінація вентиляційної системи з сушінням посліду була розроблена спеціально для пташників з клітковим утриманням яєчної птиці або для пташників для утримання бройлерів з підлогою, що вентилюється. Це допомагає зменшити різкість неприємного запаху, виділення аміаку, поширення мух та витрати на транспортування посліду.

Змішана схема вентиляції пташника. Ця схема вентиляції особливо потрібна на птахофабриках, розташованих у регіонах зі значним перепадом температур впродовж року. В цьому випадку неможлива побудова системи тунельного типу, а також на підприємствах, де під пташники зайняті нестандартні приміщення і неможлива установка необхідного обладнання тільки в стінні отвори вздовж розташування кліток, або ланцюга роздавання корму при утриманні птиці на підлозі. Застосування такого типу створення мікроклімату дозволяє збільшити, якщо звичайно дозволяє висота приміщення, до 5-6 ярусів побудову кліткових батарей, що відповідно збільшує продуктивність самого пташника [4].

Змішана система вентиляції набула широкого поширення у приміщеннях підприємств з високою щільністю посадки птиці, внаслідок чого потрібен значний повітрообмін у пташнику. Приплив здійснюється як через дах, де встановлюються дахові вентилятори, так і через припливні клапани, які встановлюються, по можливості, в торці будівлі. Витяжні вентилятори монтуються в стінні отвори, витяжні вентилятори високої продуктивності монтуються в торці будівлі протилежно місцю установки припливних шахт.

В умовах високих літніх температур висока щільність посадки негативно позначається на фізіологічному стані птиці, що виражається у зниженні яєчної продуктивності, підвищенні вибракування та відходу курей [3, 4]. Традиційні системи вентиляції у пташниках не дозволяють компенсувати негативний вплив високих температур на птаха. Однак при використанні тунельної вентиляції швидкість руху повітря в приміщенні може легко регулюватися, завдяки чому вдається досягти комфортних температур для птиці навіть у спеку. Застосування тунельної системи вентиляції в приміщеннях з клітинним вмістом птиці дозволяє уникнути так званих зон «застою» повітря, де швидкість руху потоку нижча за гранично

допустиму норму. Установка витяжних вентиляторів проводиться між рядами клітинних батарей у потрібній кількості.

Система підтримки оптимальних умов утримання птиці не обмежується лише припливно-витяжною вентиляцією. Вона включає такі невід'ємні складові, як обладнання для обігріву (опалення) в холодну пору року та охолодження в спеку, а також електронні контролери, що дозволяють автоматизувати роботу всього обладнання, що знаходиться в пташнику.

#### Список використаних джерел

1. Войтов В.А. Аналіз технологій утилізації відходів птахівництва за кордоном. Праці ТДАТУ. Мелітополь, 2019. Вип. 19, т. 4. С. 100-109.
2. Болтянський Б.В. Енерго- та ресурсозбереження в тваринництві: підручник. К.: Видавничий дім «Кондор», 2020. 410 с.
3. Скляр Р.В. Машина, обладнання та їх використання в тваринництві: підручник для здобувачів ступеня ВО закладів вищої освіти. К.: Видавничий дім «Кондор», 2019. 608 с.
4. Григоренко С.М. Адаптивні методи утилізації відходів птахівництва. Науковий вісник ТДАТУ [Електронний ресурс]. Мелітополь: ТДАТУ, 2021. Вип. 11, том 1.

УДК 631.861

### **СПОСОБИ ПЕРЕРОБКИ ПТАШИНОГО ПОСЛІДУ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ**

*Скляр О. Г., Скляр Р. В., Григоренко С. М.*

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра  
Моторного*

Однією з основних тенденцій розвитку способів переробки пташиного посліду є його використання як джерело відновлюваної енергії – біопаливо. Для виробництва біопалива на птахофабриках пропонуються способи з попереднім сушінням посліду або його ферментацією [1].

Останнім часом велику увагу стали приділяти використанню анаеробної (метанової) ферментації органічних відходів у спеціальних установках (метантенках), в яких підтримується певна температура для ефективної дії анаеробних бактерій. Анаеробне зброджування, що добре зарекомендувало себе при переробці гною на фермах великої рогатої худоби, є перспективним способом переробки посліду птахофабрик. Воно знижує забруднення навколишнього середовища з одночасним отриманням високоякісного екологічно чистого органічного добрива, до складу якого

входять гумусоподібні органічні речовини, що сприяють структуруванню ґрунту та підвищенню його родючості. Даний спосіб утилізації пташиного посліду може бути використаний для виробництва екологічно чистих добрив та газу для когенераційної установки для виробництва теплової та електричної енергії [2].

Застосування даної технології на практиці стримується через відсутність мікроорганізмів, що ефективно перероблюють послід, складністю забезпечення стабільних параметрів сировини та процесу переробки посліду, складність технологічного обладнання, необхідністю додавання води до посліду, залежністю забезпечення теплового режиму від температури навколишнього середовища, будівництвом спеціальних споруд для очищення та знезараження стічних вод.

Важливим резервом виробництва енергії є підстилковий послід птахофабрик, що утворюється при утриманні бройлерів та батьківського стада, що має значно меншу вологість, порівняно з безпідстилковим послідом, так як він містить підстилку, що вбирає вологу з посліду і сечу. Цікавим є його використання як тверде паливо після попереднього сушіння [3].

Як правило, при виробництві палива з пташиного посліду необхідна його попередня підготовка, що включає різні комбінації сушіння, подрібнення, пелетизації або брикетування, або дрібнодисперсного подрібнення, тобто отримання палива із заданими фізико-механічними властивостями для ефективної термохімічної переробки в різних установках при виробництві енергії.

В Англії та США відходи птахівництва, у тому числі і підстилка, широко використовують як паливо для обігріву приміщень та отримання електрики. В американських штатах з найбільшою концентрацією птиці (Меріленд, Делавер та Вірджинія) у 2018 р. у 600 пташниках було вирощено близько 540 млн. бройлерів, від яких отримано приблизно 0,5...1,2 млн. т. підстилкового посліду. Майже 95 тис. т. посліду згодом було перероблено на паливні гранули (пелети), при цьому в них суттєво знижується вологість та знищуються різні патогени.

Газифікація або піроліз являє собою процес розкладання органічних сполук під дією високих температур (800...1500 °C) за відсутності або при нестачі кисню з метою отримання суміші горючих газів і смол (монооксид вуглецю та водню з домішками метану та інших вуглеводнів) для подальшого використання в якості газоподібного палива. Даний спосіб та обладнання пропонується компанією Big Dutchman. Утворений газ можна використовувати як паливо для котлів, забезпечуючи тепловою та електричною енергією власне виробництво.

Основною проблемою процесу піролізу підстилкового посліду є нестабільність параметрів сировини. Коливання параметрів підстилкового посліду від 30 до 60% робить режим дуже не стабільним, що вимагає

введення попереднього сушіння, подрібнення і гранулювання, а також систем управління для стабілізації параметрів сировини і самих режимів [4]. У свою чергу, газ, що отримується, значно поступається природному газу по теплотворних здібностях і містить домішки, для видалення яких необхідні система різних фільтрів для механічних і газоподібних домішок. При цьому собівартість виробництва піролізного газу виявляється надмірно високою.

Технологія спалювання подрібненого посліду – BPS (Biomass Processing System). Група канадських компаній HITEC Machinery пропонує технологію та комплект обладнання для переробки курячого посліду в сухе подрібнене паливо з подальшим спалюванням для отримання теплової та електричної енергії (рис. 1). Технологія BPS для спалювання подрібненого палива застосовується у США, Канаді, Японії, Кореї, Бразилії, Малайзії тощо.



Рис. 1. Комплект обладнання для виробництва подрібненого посліду по технології BPS.



Рис. 2. Підготовка посліду до спалювання за технологією BPS.



Підготовка посліду до спалювання в даній технології передбачає завантаження посліду з вологістю приблизно 30%, а на виході курячий послід містить 10...12% вологи і перетворюється на порошок (рис. 2) [4]. Для спалювання використовуються пилові топки. Попередня підготовка підстилкового посліду до спалювання обумовлює підвищені інвестиційні витрати. У зв'язку з чим використання цієї технології має певні ризики, пов'язані з проблемами, що виникають при спалюванні підстилкового посліду – високою леткістю, ступенем мінералізації та низькою температурою плавлення золи.

Незважаючи на різноманіття способів переробки пташиного посліду для виробництва енергії на птахофабриках, одним з найбільш перспективних залишається пряме спалювання підстилкового посліду через відносно невисокі вимоги до фізико-механічних властивостей сировини і невеликих інвестицій для його впровадження [4].

Аналіз світової практики показує, що за кордоном курячий підстилковий послід спалюється на ТЕЦ великої потужності (понад 30 МВт теплової потужності для енергоблоку) спільно з вугіллям або відходами лісопереробки. Так, найбільша у світі станція утилізації введена в експлуатацію в 2008 році концерном AE&E у м. Мурдейк, Нідерланди. Дана станція встановленою електричною потужністю 36 МВт утилізує на рік 400 тис. т підстилкового пташиного посліду.

На основі вищевикладеного, можна зробити висновок, що реальною альтернативою існуючим способам утилізації підстилкового посліду для країни є технологія, заснована на прямому спалюванні підстилкового посліду, виробленої однією птахофабрикою і розташованої на її території, з виробленням теплової і, при необхідності, електричної енергії з потужністю переробки від 0,5 до 5 т/год.

#### Список використаних джерел

1. Войтов В.А. Аналіз технологій утилізації відходів птахівництва за кордоном. Праці ТДАТУ. Мелітополь, 2019. Вип. 19, т. 4. С. 100-109.
2. Болтянський Б.В. Енерго- та ресурсозбереження в тваринництві: підручник. К.: Видавничий дім «Кондор», 2020. 410 с.
3. Скляр Р.В. Машини, обладнання та їх використання в тваринництві: підручник для здобувачів ступеня ВО закладів вищої освіти. К.: Видавничий дім «Кондор», 2019. 608 с.
4. Григоренко С.М. Адаптивні методи утилізації відходів птахівництва. Науковий вісник ТДАТУ [Електронний ресурс]. Мелітополь: ТДАТУ, 2021. Вип. 11, том 1.

УДК 636.5.033

## ОГЛЯД СПОСОБІВ ПЕРЕРОБКИ ПОСЛІДУ ПТИЦІ

*Скляр О. Г., Скляр Р. В., Комар А. С.*

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

Охорона довкілля та раціональне використання природних ресурсів є актуальним завданням сучасності. У зв'язку з цим перед сучасною наукою стоїть ряд конкретних завдань, обумовлених присутністю в біосфері сполук, які є токсичними для людини і навколишнього середовища, здатні акумулюватися в живих організмах і викликати небажані зрушення в обмінних процесах. Так, наприклад, у всіх відходах тваринницького (птахівницького) комплексу, крім різноманітних органічних і неорганічних сполук, міститься велика кількість патогенних мікроорганізмів. Це природна мікрофлора становить велику небезпеку, оскільки має здатність виділяти токсичні речовини, що шкідливо діють на організм людини.

Відомо, що пташиний послід є джерелом розвитку патогенної мікрофлори [1, 2]. При розкладанні органічних речовин із послідної маси виділяються аміак, метан, сірководень, окис вуглецю, інші речовини. У посліді знаходяться медикаментозні засоби, що застосовуються для дезінфекції пташників. Всі ці компоненти становлять небезпеку для людини та навколишнього середовища, тому такий послід вимагає особливого підходу до утилізації та переробки [2].

Пташиний послід характеризується вищим вмістом азоту, фосфору, калію проти гною. До його складу входять мікроелементи. У 100 г сухого посліду міститься 15...38 мг Mn; 12...39 мг Zn, 1,0...1,3 мг Co, 0,5 мг Cu, 367...900 мг Fe. Приблизно  $\frac{3}{4}$  сухої речовини органічного складу [1].

На жаль, в Україні технологія утилізації посліду практично не змінюється кілька десятиріч років. Послід вивозиться з пташників і складається в сховищах посліду, де витримується певний час з метою забезпечення процесу компостування, а потім вивозиться на поля і розкидається з наступним закладенням у ґрунт. Але його удобрювальні якості в більшості випадків втрачаються, так як пташиний послід, являє собою середовище, сприятливе для збереження різноманітних мікроорганізмів [1, 2]. У пташиному посліді виявляють збудників патогенних і умовно патогенних мікроорганізмів. Залежно від видової стійкості, сезону, кліматичних, метеорологічних та інших факторів вони можуть виживати у цьому середовищі від кількох годин до кількох років.

Таким чином, у процесі зберігання посліду та застосування його як добрива цими способами, відбувається забруднення навколишнього середовища, а при транспортуванні на великі відстані (понад 10 км) витрати

на внесення в ґрунт такого добрива не окупаються додатком врожайності сільськогосподарських культур, що обмежує його застосування.

У той же час рослинництво гостро потребує ефективного добрива. Для усунення негативних явищ виникає необхідність замкнутих циклів виробництва продукції птахівництва та переробки посліду [2]. Одним із варіантів організації замкнутого циклу виробництва є схема, представлена на рисунку 1.

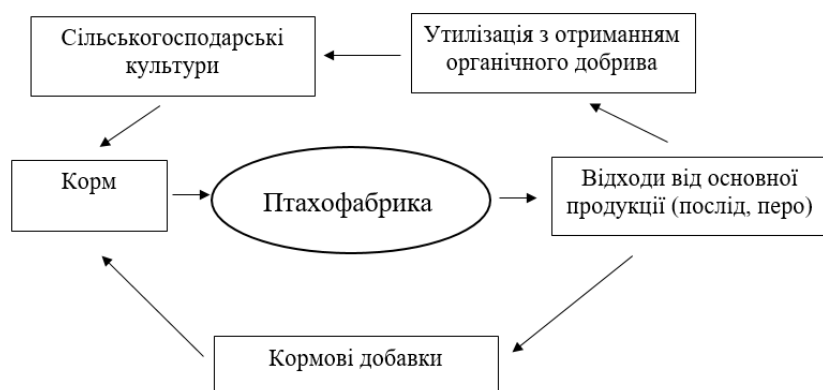


Рис. 1. Принципова схема організації замкнутого циклу виробництва у птахівництві.

Замкнутий цикл виробництва продукції в птахівництві передбачає безвідходне виробництво за рахунок використання відходів основної продукції при виробництві сільськогосподарських культур та кормових добавок для потреб виробництва основної продукції: м'яса та яєць птиці. Найбільш проблемним питанням у представленому замкнутому циклі виробництва є утилізація посліду.

Враховуючи специфіку виробничого процесу птахівничих господарств (напрямок продукції, вид птиці, спосіб утримання, кліматична зона), переробка пташиного посліду може бути організована за певними технологіями, кожна з яких комплектується відповідними технологічними машинами та обладнанням. Розглянемо основні способи утилізації пташиного посліду [1, 2].

Найбільш простим і дешевим способом є пряме (без обробки) внесення посліду в ґрунт. Однак при цій технології виникає низка проблем: по-перше, перевезення великої кількості відходів вимагає чималих засобів, по-друге, ґрунт, підземні та поверхневі води заражаються інвазійними, інфекційними та токсичними елементами, по-третє, це веде до накопичення нітратів, міді та цинку в зерні, траві та водних джерел. Тому даний спосіб нині не знаходить широкого застосування [3].

Використання хімічних засобів при утилізації посліду здійснюється лише для профілактики поширення хвороботворних мікроорганізмів та бактерій.

З біологічних способів найбільшого поширення набуло компостування, яке включає отримання органічних сумішей (пташиний послід + пташиний послід з підстилкою, пташиний послід + торф, пташиний послід + тирса, пташиний послід + інші місцеві органічні відходи). Органічна суміш формується в штабелі заввишки трохи більше 2,5 метрів. Через 68 місяців зберігання на польових майданчиках відбувається дозрівання цієї суміші та утворюється компост, який придатний для використання у землеробстві. Перевагою способу є невисокі капітальні вкладення та енергетичні витрати. Отриманий біогумус має гарну якість, проте до 30...40% поживних речовин у процесі переробки втрачається у вигляді газів, що завдають екологічної шкоди. До недоліків способу відносяться: необхідність наявності спеціальних майданчиків, техніки та великої кількості торфу, соломи та іншого матеріалу, що знижує вміст вологи, невисока продажна ціна при промислових обсягах виробництва, тривалість і періодичність процесу [3].

Аеробна твердофазна ферментація здійснюється в установках барабанного типу і дозволяє переробляти на добу понад 20...50 м<sup>3</sup> посліду. Сутність технології полягає в змішуванні посліду та інших органічних компонентів (торф, солома, тирса, лігнін) у певних співвідношеннях і тривалі (1-2 роки) зберігання отриманої маси в буртах, в результаті якого відбувається її природне дозрівання [3]. Даний спосіб найбільш прийнятний для малих та середніх господарств за наявності власних полів для внесення одержуваних органічних добрив. Одним із недоліків цієї технології є необхідність підтримувати температуру субстрату вище за температуру навколишнього середовища, що значно знижує ефективність виробництва біогазу, особливо в кліматичних умовах, що характеризуються відносно низькими середньорічними температурами [1].

Останнім часом велику увагу стали приділяти використанню анаеробної (метанової) ферментації органічних відходів у спеціальних установках (метантенках), в яких підтримується певна температура ефективності дії анаеробних бактерій. Цей спосіб вирішує відразу кілька завдань: виробництво екологічно чистих добрив та метану для мініТЕЦ, газоподібного палива для автотракторної техніки, виробництва «сухого» льоду, соди тощо [3]. Застосування цієї технології стримується відсутністю інвестицій, системного рішення у створенні базових конструкцій.

Термічне сушіння зручніша технологія для переробки відходів птахівництва. Ефективність роботи сушарок при цьому способі залежить від вологості вихідного матеріалу, яка не повинна перевищувати 65%, що не спостерігається в умовах реального виробництва. Метод термічного зневоднення, як і вакуумне сушіння, через велику витрату енергії також не отримав поки широкого впровадження у виробництво [4].

В результаті аналізу існуючих технологій утримання птиці та утилізації пташиного посліду в умовах птахофабрик України стає

очевидним, що основним способом переробки пташиного посліду може бути прискорене компостування з подальшим вивезенням на поля птахофабрик та прилеглих господарств з подальшим закладенням.

Список використаних джерел

1. Комар А.С. Сучасні запатентовані способи переробки посліду птахів. Науковий вісник ТДАТУ. Мелітополь, 2021. Вип. 11. Т. 2.
2. Григоренко С.М. Адаптивні методи утилізації відходів птахівництва. Науковий вісник ТДАТУ [Електронний ресурс]. Мелітополь: ТДАТУ, 2021. Вип. 11, том 1.
3. Войтов В.А. Аналіз технологій утилізації відходів птахівництва за кордоном. Праці ТДАТУ. Мелітополь, 2019. Вип. 19, т. 4. С. 100-109.
4. Скляр О.Г., Скляр Р.В., Григоренко С.М. Технічні рішення щодо сушіння пташиного посліду. Науковий вісник ТДАТУ. Мелітополь, 2020. Вип. 10. Т. 2. URL: <http://www.tsatu.edu.ua/tsst/wp-content/uploads/sites/6/naukovyj-visnyk-tdatu-2020-vypusk-10-tom-2.pdf>

УДК 631.363

## **ІНЖЕНЕРНА ТОЧКА ЗОРУ КРАТНОСТІ ГОДІВЛІ ВРХ**

*Хмельовський В. С.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Щоб мати високу продуктивність та низьку собівартість продукції у скотарстві, важливо не лише збалансувати кормові компоненти за енергетичними показниками у раціонах годівлі, а й забезпечити якісне, з мінімальними затратами, приготування та науково обґрунтовану кратність роздавання кормової суміші, яка призначена для згодовування тваринам. Вирішення цих питань ґрунтуються на знанні етології великої рогатої худоби [1, 2, 3]. Впродовж доби корови витрачають у середньому 4-5 год. на безпосереднє поїдання кормів із кормових столів чи годівниць. При цьому, активне поїдання кормів спостерігається 6-9 разів на добу тривалістю по 30-50 хв. У проміжках між споживанням кормів тварини відпочивають і жують жуйку. Добову норму кормів роздають на кормовий стіл, чи у годівницю, за 1-4 рази. При цьому, тварини поїдатимуть її 6-9 періодів [4, 5]. Кожне роздавання чергової порції свіжих кормів не тільки стимулює тварин до поїдання, оскільки корови з'їдатимуть, з апетитом, більшу частину свіжих, без домішок слини, неокислених кормів, а й змушує переривати свій відпочинок, чи ремігання, що негативно позначиться на засвоюванні кормів, утворенні молока [1, 2, 6, 7, 8]. Крім того, кожне додаткове

роздавання кормів пов'язане зі збільшенням витрат праці та енергетичних ресурсів [9, 10].

Нині, наукові дослідження і кращий досвід ведення молочного тваринництва доводять можливість та доцільність переведення на багатократне роздавання кормів, що узгоджується з біоритмікою поведінки тварин і сприяє підвищенню молочної продуктивності на 10-15 % [9].

Для ефективного застосування багатократного роздавання кормів (6 разів і більше за добу) важливо дотримувати таких умов: роздану кількість кормів корови повинні з'їсти на 80-90 % до початку наступного роздавання; тривалість інтервалів між двома основними суміжними роздаваннями кормів не повинна бути менша тривалості одного кормового циклу (2-2,5 год.), щоб коровам залишити час для пережовування; додаткові витрати праці та енергетичних ресурсів при багатократному роздаванні повинні компенсуватися одержанням додаткової продукції [10, 11].

Аналіз систем приготування і роздавання кормів у зарубіжних країнах, із розвиненим молочним скотарством, свідчить про застосування кормової суміші, а для її приготування і роздавання використовують, переважно, універсальні комбіновані машини, які забезпечують навантаження, подрібнення, дозування, змішування, транспортування і роздавання кормів [10, 13]. Ці машини носять назву – мобільні комбіновані кормоприготувальні агрегати (МККПА). Сьогодні на ринку України є широкий вибір цих машин, вони представлені такими провідними фірмами, як: Kuhn (Франція), Trioliet (Нідерланди), Seko (Італія), Roto-mix (США), ДеЛаваль (Швеція), Брацлав (Україна). Така техніка має широкий діапазон типів і моделей. МККПА виготовляють причіпними і самохідними, з пристроями для самонавантаження та без них, місткість бункера становить від 2 до 45 м<sup>3</sup>, потужність на урухомлення від 44 до 275 к.с. Кожний тип цих машин, при використанні в різних умовах має свої переваги і недоліки.

Відомо, що при однаковій кількості тварин та при різній кратності роздавання кормів, необхідний разовий об'єм кормової суміші, для годівлі тварин, буде різним [14].

Аналіз цінової політики різних виробників обладнання, для приготування та роздавання кормової суміші, показує, що із збільшенням об'єму бункера вартість машини збільшується, але питомі показники на тону приготовленої продукції зменшуються. Відповідно, враховуючи об'єми роздавання кормів, виявлено, що при порівнянні кратності роздавання кормів між двократним та трикратним, стосовно зоологічних вимог, ряд переваг має трикратне. Також, переваги видно і з технічної точки зору, адже, при двократному роздаванні кормової суміші потрібно збільшувати об'єм бункера на 20 відсотків у порівнянні із трикратним [15]. В свою чергу, це приводить до збільшення потужності енергетичного джерела на урухомлення машини та вартості експлуатаційних затрат.

Отже, трикратне роздавання повнокомпонентної кормової суміші покращить поїдання останньої тваринами та здешевить технологічний процес годівлі великої рогатої худоби.

Список використаних джерел

1. Костенко В. Режим годівлі корів <http://agro-business.com.ua/agro/suchasne-tvarynnytstvo/item/8106-rezhym-hodivli-koriv.html>.

2. Костенко В. Організація годівлі <http://agro-business.com.ua/tvarynnytstvo-ta-veterynariya/item/8077-orhanizatsiia-hodivli.html>.

3. Сучасні технології виробництва молока у країнах ЄС та перспективи впровадження їх в Україні / В. Костенко, А. Угнівенко, Д. Носевич, Т. Антонюк. Збірник наукових праць. Кам'янець-Подільський. 2010. Вип. 18. Серія «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва». С. 94-97.

4. Штефан Шмідлін Вален. Один робот годує 500 корів. Агроексперт. 2009. № 4. С. 56-57.

5. Хмельовський В. С. Забезпечення процесів приготування та роздавання кормів для ВРХ на сімейних фермах. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2018. Вип. 297. С. 135-139.

6. Кравчук В. І., Луценко М. М., Мечта В. П. Прогресивні технології заготівлі, приготування і роздавання кормів : [науково-практичний посібник]. К. : Фенікс, 2008. 104 с.

7. Окопний О. М. Відродження тваринництва в Україні та напрями його розвитку. Економіка АПК. 2003. № 5. С. 8-14.

8. Методичні рекомендації з годівлі високопродуктивних корів / В. Костенко, Д. Мельничук, Г. Богданов, І. Ібатулін, В. Кандиба. Київ : Видавничий центр НАУ, 2006. 38 с.

9. Костенко В. І., Маньковський А. М. Рівень годівлі та продуктивність корів, що зумовлюють прибутковість виробництва молока. Науковий вісник НАУ. Київ, 2004. № 74 . С. 238-241.

10. Пилипенко О. М., Хмельовський В. С., Василюк В. І. Аналіз способів роздачі кормів на фермах. Науковий вісник Національного аграрного університету. 2007. Вип. 115. С. 56–61.

11. Хмельовський В. С. Перспективні технологічні рішення підготовки кормів для згодовування рогатій худобі. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Техніка та енергетика АПК. 2013. Вип. 185. Ч. 2. С. 390–394.

12. Хмельовський В. С. Тенденції приготування кормосумішей для корів в умовах тваринницької ферми господарства. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. 2019. Vol. 10. No 1. P. 35–40.

13. Ревенко І., Лісовенко Т., Хмельовський В. Сучасний ринок засобів роздавання кормів рогатій худобі. Пропозиція. 2008. № 9. С. 106–116.

14. Ібатуллін І. І., Мельничук Д. О. Богданов Г. О. Годівля сільськогосподарських тварин. Вінниця : Нова Книга, 2007. 616 с.

15. Ревенко І. І., Хмельовський В. С. Оцінка якості змішування кормів мобільним комбінованим кормоприготувальним агрегатом. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Техніка та енергетика АПК. 2016. Вип. 251. С. 91–100.

УДК 631.3:636

## **ДО ПИТАННЯ ВПРОВАДЖЕННЯ «РОЗУМНИХ ТВАРИННИЦЬКИХ ФЕРМ» В УКРАЇНІ**

*Ребенко В. І.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Розумний спосіб автоматизації процесу виробництва тваринницької продукції можна назвати «Розумна тваринницька ферма» (Smart Animal Farm). Використовуючи автоматизовану систему, ми можемо усунути можливі загрози для корму, зменшивши втручання людини. Моніторинг навколишнього середовища в режимі реального часу є важливим фактором розумного виробництва. Між людьми і тваринами протягом століть існували міцні стосунки. Ми залежимо від тварин у багатьох аспектах життя, таких як спорт, їжа, одяг та інші продукти, які підтримують і полегшують наше життя. Тому хороший догляд за тваринами дуже важливий. Тваринницька галузь може отримати значну користь від тварин, узагальнюючи дані та звітуючи про отримані результати власникам і регіонам.

Світовий досвід розвитку технологій свідчить, що автоматизація та цифрова трансформація тваринництва базується на поєднанні можливостей машинного навчання (Machine Learning), штучного інтелекту (AI) та застосування інтернету речей (IoT).

Усі інноваційні технології, які пов'язані із цифровою трансформацією, можуть бути представлені такими рішеннями:

1. Трансформація управління виробничими процесами через аналіз масштабних баз даних (Big Data).

2. Створення інформаційно-аналітичних систем управління виробничими процесами в тваринництві на базі штучного інтелекту.

3. Використання інформаційно-аналітичного контролю ветеринарно-санітарного стану підприємства.



4. Роботизовані та автоматизовані технологічні процеси в тваринництві.

5. Створення «розумної ферми».

6. Цифрова трансформація логістичних маршрутів в процесі виробництва продукції тваринництва (вирощування-виробництво-переробка) або «від ферми доспоживача»).

Такі інноваційні технології в тваринництві дозволяють впроваджувати високотехнологічні системи утримання, годівлі, доїння, санітарно-гігієнічного контролю, визначення якості продукції. Вони забезпечують безперервний збір та аналіз отриманих даних з метою визначення проблемних питань, бережливого ставлення до тварин та навколишнього середовища.

В світі існують, розробляються та удосконалюються різноманітні розумні системи для дистанційного управління та моніторингу тваринницької ферми. Ці системи повинні забезпечувати корм і воду за потреби, видаляти надлишок біогазу, який виробляється відходами тварин, і виявляти пожежу на фермі. Крім того, такі інтелектуальні системи також повинні здійснювати спостереження за всією фермою. Такий вид інтелектуальних систем можна розробити за вибором за рахунок використання мікроконтролерів, датчиків рівня води, ультразвукових датчиків, датчиків газів, температури, вологості, камер відеоспостереження разом із підключенням до Інтернету або Інтранету з пристроями, наприклад смартфонами чи комп'ютерами.

Автоматизоване виробництво дозволяє фермеру полегшити робоче навантаження, заощадити час і збільшити його гнучкість. Автоматичні системи забезпечують кращу якість виробничого процесу і менші витрати праці. Розумні системи можуть суттєво зменшити втручання людини у виробництво ніж традиційний сценарій. Ці системи дозволяють реалізувати розумні рішення для годівлі тварин і ефективно вирішувати проблеми, пов'язані з фермерством.

Інтенсивний рівень розвитку інформаційних технологій для сільськогосподарського виробництва створює усі передумови для процесу активної модернізації галузі тваринництва. Сучасні цифрові технології, які пов'язані з виробничими процесами виробництва і переробки продукції тваринництва дозволяють оптимізувати та підвищити рентабельність бізнесу. Тому для забезпечення конкурентоспроможності вітчизняної галузі тваринництва необхідно активно підвищувати рівень цифрової трансформації, впроваджувати новітні розумні технології в усі ланки виробничого циклу.

УДК 62-192:631.363

## **АНАЛІЗ ЗАСОБУ ДЛЯ ПРИГОТУВАННЯ І РОЗДАВАННЯ КОРМІВ ТА ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ЛЮДИНИ-ОПЕРАТОРА**

*Новицький А. В., Щекальова А. М.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*Новицький Ю. А.*

*ТОВ «ВіДі - Скай»*

Механізація приготування і роздавання кормів у тваринництві займає особливе місце в системі технічних засобів обслуговування тварин. Рівень механізації приготування і роздачі кормів в даний час є нижчим механізації інших процесів, таких як доїння корів, прибирання гною, водопостачання та напування. Технології приготування і роздавання кормів становлять від 55% на фермах великої рогатої худоби та близько 70% у свинарстві.

В наукових статтях [6, 8, 9] зазначено, що на сучасному етапі розвитку тваринництва, як у світовій практиці, так і в Україні, для приготування кормових сумішей все більшого поширення набувають засоби для приготування і роздавання кормів (ЗПРК), які поєднують операції подрібнення, змішування, забезпечують доставку і дозоване роздавання. Проаналізовано цілий рід статей в яких машини та обладнання представлені як складні технічні системи (СТС) [1, 3, 4], розроблені математичні моделі надійності систем «Людина-Машина» [2, 5], представлено дослідження впливу їх параметрів на динамічні характеристики функціонування [2, 7, 8].

Разом з тим, використання ЗПРК проходить за великої різноманітності виробничих і кліматичних умов, і має відповідні специфічні особливості [1, 8].

Метою представленої роботи є реалізація представлених напрямів досліджень для підвищення ефективності та надійності ЗПРК.

ЗПРК призначені для виконання відповідних зоотехнічних впливів на складові кормів з метою створення найкращих умов для приготування кормової суміші. Тому будь-який технологічний процес у приготуванні кормів у тваринництві є впливом елементів технічної системи на складові кормів. Кінцевий результат зазначеного впливу ЗПРК проявляється не відразу, а із затримкою в часі і, у ряді випадків, може бути непередбачуваним.

Процес отримання корму потребує виконання супутніх технологічних операцій процесів завантаження, транспортування, змішування, дозування, що визначається процесом приготування кормової суміші. Тобто, за типовими технологічними картами на приготування кормової суміші на фермі для тварин відповідних вікових груп людині-оператору необхідно виконати різну кількість операцій. Трактористу (людині-оператору)

доводиться виконувати до 10-15 різних видів робіт, що потребує відновлення відповідних навичок. Недотримання вимог і термінів їх проведення протягом зміни призводить до втрат продукції тваринництва та зниження продуктивності праці.

Виконання робіт з приготування і роздавання кормів на великих тваринницьких фермах пов'язані з використанням мобільних машинно-тракторних чи самохідних агрегатів – ЗПРК. У зв'язку із зазначеним, їх економічна ефективність визначається вартістю агрегатів, динамікою втрат продукції, добовою продуктивністю проведення робіт.

Управління ЗПРК здійснюється людиною-оператором, тому ефективність використання машини залежить від відповідності параметрів технічної системи та режиму її роботи, з одного боку, а з іншого – умов експлуатації та індивідуальними характеристиками людини-оператора.

Прагнення підвищити продуктивність ЗПРК супроводжується підвищенням потужності енергетичних засобів, ускладненням їх конструкції, збільшенням кількості органів управління, приладів і систем відображення інформації, діапазону робочих швидкостей та функціональних можливостей.

Все це є причиною зростання психофізіологічного навантаження на персонал і, як наслідок, його стомлюваності. Невідповідність між потенційними можливостями ЗПРК і здатністю людини-оператора вправляти ними призводить до того, що фактична продуктивність нижча за паспортні значення і ця розбіжність в міру вдосконалення машин збільшується.

Ефективні рішення щодо нормалізації шуму та вібрації на робочому місці людини-оператора покращення оглядовості та ряду інших ергономічних параметрів підвищує комфортність праці, але ускладнює контроль та керування ЗПРК, збільшує інформаційне навантаження на нього. Для аналізу динаміки працездатності людини-оператора можна скористатися моделлю, яка представлена в наукових дослідженнях [7] та враховує спільний вплив двох складових – «машини» та «людина-оператора», що характеризують різні сторони процесу.

Таким чином, в процесі виконання робіт ЗПРК відбувається зростання продуктивності персоналу за рахунок відновлення навичок керуючих дій, адаптації до роботи та умов її виконання за певного рівня мотивації праці.

Список використаних джерел

1. Boyko A., Novitskiy A. Mathematical model of reliability of human-machine system under reduced efficiency of its generalized work. *Machinery & Energetics . Journal of Production Research*. Kyiv. Ukraine. 2018. Vol. 9. No. 3. 271. P. 165–174.
2. Novitskiy Andrey. Professional Reliability of Personnel in System of Development of Innovative Processes. *ТЕКА. Lublin-Rzeszow*. 2018. Vol. 18. No 2, P. 93–102.

3. Novitskiy Andriy, Bannyi Oleksandr. Analiz nadiynosti zasobiv dlya prigotuvannya i rozdavannya kormiv metodoi dereva vidmov. MOTROL. Lublin. 2011. Vol. 13B. P. 117–123.

4. Pylypaka S. F., Klendii M. B., Trokhaniak V. I., Pastushenko A. S., Novitskiy A. V. Movement of a material particle on an inclined plane all the points of which describe circles in oscillatory motion in the same plane. Bulletin of the Karaganda University. Mathematics Series. №1 (97) / 2020. Karaganda, 2020. pp. 122–131.

5. Uzi Moallem, Liliya Lifshitz. Accuracy and homogeneity of total mixed rations processed through trailer mixer or self-propelled mixer, and effects on the yields of high-yielding dairy cows. December 2020. Animal Feed Science and Technology 270:114708. DOI:10.1016/j.anifeedsci.2020.114708.

6. Viatcheslav Loveikin, Vasyl Khmelovskyi, Vasyl Lukach, Vasyl Achkevych. Improving efficiency of mobile combined feed mixer. Engineering for rural development. 25-27.05.2022 Jelgava, 2022. pp. 853-859.

7. Zinoviy Ruzhylo, Andriy Novitskii, Dmytro Milko, Volodymyr Bulgakov, Ivan Beloev, Adolfs Rucins. Mathematical model for reliability assessment of device for preparation and distribution of animal feed as “Man-Machine”. Engineering for rural development. 25-27.05.2022 Jelgava, 2022. pp. 911-917.

8. Новицький А. В., Новицький Ю. А. Технічна оцінка споживчих якостей сільськогосподарської техніки. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2017. Вип. 264 (2017). С. 293–303.

9. Новицький А.В., Банний О.О. Надійність сільськогосподарської техніки в системі інноваційних процесів з досвіду зарубіжних компаній. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2020. Vol. 11, No 2. P. 115–124.

УДК 532.135-047.37:621.929.7

## **МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ РУХУ ЧАСТИНОК В ЦИЛІНДРИЧНОМУ КОНТЕЙНЕРІ ВІБРОЗМІШУВАЧА**

*Волинець Є. О.*

*Вінницький національний аграрний університет*

Постановка проблеми. При моделюванні процесів, що протікають у сучасних конструкціях змішувачів з інтегруванням вібраційного впливу, також застосовуються принципи механіки суцільних середовищ, проте в даний час на стадіях проектування подібний математичний опис

утруднений через розріджені шари матеріалу, що виникають у конструкціях змішувачів даного типу. Причому теорія змішування гетерогенних систем недостатньо відображена в сучасних дослідницьких роботах [1, 2].

Мета дослідження. Метою досліджень є моделювання руху частинок в поперечному перерізі змішувача при обертотому русі циліндричної камери змішування без використання лопатевих інтенсифікаторів та дії вібрації.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. В основі моделювання процесу змішування сипких компонентів в апараті гравітаційно-пересипних дії лежить таке уявлення про його механізм [1, 2, 3, 4]. При обертанні робочої поверхні, що має форму круглого циліндра, сипкі компоненти що знаходяться на ній переміщуються вгору, в напрямку обертання. При перевищенні кута нахилу вільної поверхні сипкого матеріалу до горизонту кута природного укусу, починається обвалення його верхніх слоїв уздовж лінії обвалення.

Експериментальні дослідження механізму процесів, що відбуваються в робочих об'ємах змішувальних апаратів гравітаційно-пересипної дії, встановлюють в об'ємі матеріалу наявність двох областей характерної поведінки: транспортування 2, де змішування практично не відбувається, і активного змішування (обвалення) 1. Частинки, рухаючись із зони транспортування перетинають поверхню розділу і потрапляють в область 2, після чого знову повертаються в область транспортування [5, 7, 9].

Основні результати досліджень. Розглянемо обертальний рух циліндричної робочої поверхні (барабана) радіуса  $R$  з кутовою швидкістю  $\omega$ . Шар активного змішування розташований над лінією обвалення –  $a...a$  відстань до якої від центра кола дорівнює  $h_0 = \sqrt{R^2 - \alpha^2}$ ,  $h(x)$  – функція, яка визначає форму області активного змішування;  $\alpha$  – кут обвалення;  $v_x^{обв}, v_y^{обв}$  – проекції швидкостей частинок в області активного змішування на вісі  $x$  і  $y$ , відповідно. Невідомі  $h(x), v_x^{обв}, v_y^{обв}$  можна визначити відштовхуючись від наступних міркувань.

У транспортуючій області матеріал рухається, як тверде тіло. В цій області проекції швидкостей частинок на осі координат мають вигляд:

$$v_x^T = \omega y, \quad (1)$$

$$v_y^T = -\omega x, \quad (2)$$

На лінії обвалення  $v_x^{обв}$  проекція швидкості переносить розрив, тому граничну умову для неї можна записати у вигляді:

$$v_x^{обв}(y = -h_0) = 0. \quad (3)$$

Якщо щільність сипкого матеріалу при переході з транспортуючої області в область активного змішування змінюється несуттєво, то проекція

швидкості на вісь, перпендикулярна лінії обвалення має бути безперервна, тобто:

$$v_x^{обс}(y = -h_0) = v_y^T(y = -h_0) = -\omega x. \quad (4)$$

Для розрахунку поля швидкостей в області активного змішування за формулами (1), (2), (3) необхідно визначити півдовжину лінії обвалення  $a$ . Її можна знайти з умови збереження обсягу суміші, що припадає на одиницю довжини барабана:

$$V_{суміші} = V^T(a) + V^{обс}(a), \quad (5)$$

де  $V^T(a)$  – об'єм області транспортування;

$V^{обс}(a)$  – об'єм області активного змішування;

$V^T(a)$  – площі колового сегмента.

$$V^T(a) = R^2 \arcsin\left(\frac{a}{R}\right) - a\sqrt{R^2 - a^2}, \quad (6)$$

а  $V^{обс}(a)$  визначається інтегралом:

$$V^{обс}(a) = \int_{-a}^a h(x) dx = -\frac{\omega}{\sqrt{2g \cdot \sin(\alpha)}} \int_{-a}^a (a+x)^{\frac{1}{2}} (a-x) dx = \frac{\omega}{\sqrt{2g \cdot \sin(\alpha)}} \frac{16}{15} \sqrt{2a^{\frac{5}{2}}}. \quad (7)$$

При коефіцієнті завантаження  $K_3$  обсяг суміші  $V_{суміші} = \pi R^2 K_3$ . Тоді рівняння (5) з урахуванням (6) і (7) набуває вигляду:

$$\pi R^2 K_3 = R^2 \cdot \arcsin\left(\frac{a}{R}\right) - a\sqrt{R^2 - a^2} + \frac{\omega}{\sqrt{2g \cdot \sin(\alpha)}} \frac{16}{15} \sqrt{2a^{\frac{5}{2}}}. \quad (8)$$

Рівняння (8) дозволяє визначити параметр  $a$  за допомогою стандартних чисельних методів [9, 10, 11].

Висновки. В статті проведено перший етап моделювання руху частинок сипкого матеріалу в поперечному перерізі змішувача при обертovому русі циліндричної камери змішування без використання лопатевих інтенсифікаторів та дії вібрації – це наступні етапи моделювання процесу вібровідцентрового змішування.

1. Запропоновано математичну модель руху частинок сипкого матеріалу в поперечному перерізі циліндричного корпусу змішувача.

3. Визначено форма вільної поверхні матеріалу, що змішується, параметри конкретних областей характерної поведінки і поле швидкостей часток сипкого матеріалу.

Список використаних джерел

1. Полевoda Ю. А., Волинець Є. О. Аналіз розвитку технологічного обладнання для виробництва харчових сумішей. Техніка енергетика транспорт АПК. 2020. № 4 (111). С. 72–79.

2. Цуркан О. В., Полевoda Ю. А., Волинець Є. О., Походай М. В.

Особливості конструкції комбінованого змішувача для переробних і харчових виробництв. Вібрації в техніці та технологіях. 2016. № 1. С. 149–154.

3. Полевода Ю. А., Волинець Є. О. Дослідження віброреологічних моделей шару сипкого середовища. Техніка енергетика транспорт АПК. 2021. №1 (112). С. 53–60.

4. Субач А. П. Динамика процессов и машин объемной обработки. Рига, 1991. 240 с.

5. Полевода Ю. А. Перспективи застосування вібраційних ефектів в рідких технологічних системах харчових і переробних виробництв. Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. 2015. Вип. 1. С. 124–130.

6. Паламарчук І. П., Полевода Ю. А., Янович В. П. Аналіз математичної моделі вібровідцентрової машини для очищення рідкої сировини. Вібрації в техніці та технологіях. 2009. Вип. 4. С. 129–136.

7. Бабичев А. П. Проблемы вибрационной технологии. Вибрации в технике и технологиях. 1994. Вип. 1. С. 1–3.

8. Берник П. С., Цуркан О. В. Маятниковый преобразователь колебательного движения во вращательное. Вопросы вибрационной технологии. 2003. С. 16–20.

9. Берник М. П. Дослідження динаміки руху вібраційного змішувача з дебалансним віброзбуджувачем та маятниковим приводом лопатевого валу. Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства. 2002. № 9. С. 338–345.

## Секція Технічний сервіс та інженерний менеджмент

УДК 629.359, 681.513.1

### ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСТОТИ ВЛАСНИХ КОЛИВАНЬ СТІЛИ БАШТОВОГО КРАНА

*Ромасевич Ю. О., Ловейкін В. С., Губар Я. С.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

В наш час однією з головних причин несправностей в роботі баштового крана є саме конструкція механізму повороту, від якого залежить плавність повороту стріли, та тим самим довговічність самого крана. Саме з метою покращення стабільної роботи крана був розроблений механізм повороту з пропелерною тягою та проведений експеримент по визначенню частоти власних коливань стріли на лабораторній установці.

За допомогою мікросхеми збору даних m-DAQ 14[1] (рис. 1) ми переводили аналогові сигнали в дискретні.



Рис. 1.





Рис. 2.

Підключили провід до двох аналогових каналів (рис. 2), на блоку живлення виставили 12V.

За допомогою акселерометра експеримент проводили в 3 точках стріли на лабораторній установці:

- На кінці стріли (рис. 3);
- Посередині стріли (рис. 4);
- На початку стріли (рис. 5).



Рис. 3



Рис. 4



Рис. 5

Створювали вільні коливання задля імітації роботи установки.

Акселерометр передавав дані до програмного забезпечення.

Результати вимірів отримували у вигляді побудованих графіків, по яким було визначено зону резонансу[2], щоб в подальшій роботі над установкою намагались не натрапляти на ці частоти.

Список використаних джерел

1. Руководство пользователя m-DAQ 14. URL: <http://old.holit.ua/download/common/docs/hds/m-DAQ.pdf> [доступ 04.10.2022]
2. Частота власних коливань. Резонанс. URL: <https://studfile.net/preview/9378515/page:4/> [доступ 04.10.2022]

УДК 631.331

## **ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ РЕЖИМІВ ТЕХНІЧНОГО КОНТРОЛЮ ГІДРАВЛІЧНИХ СИСТЕМ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ**

*Задорожнюк Д. В.*

*Національний університет біоресурсів та природокористування України*

Оцінку ефективності діяльності технічного контролю гідравлічних систем зернозбиральних комбайнів аграрних підприємств України можна здійснити на основі розрахунку системи відповідних показників, в основі якого лежить зіставлення отриманого корисного ефекту і витрат на його досягнення (таблиця 1) [1, 2, 5].

Однак, варіант оцінки ефективності діяльності технічного контролю гідравлічних систем зернозбиральних комбайнів, заснований на розрахунку цих показників, є досить трудомістким і для оперативних розрахунків малопридатним (в зв'язку зі складністю визначення приросту обсягу випуску продукції і витрат у рамках реалізації конкретних заходів, спрямованих на поліпшення організації та управління технічним контролем гідравлічних систем зернозбиральних комбайнів [3].

У зв'язку з цим оперативну оцінку ефективності роботи інженерної служби і її впливу на ефективність роботи аграрних підприємств у цілому, пропонується здійснювати на основі відповідних багаточинних математичних моделей - рівнянь множинної лінійної регресії.

За критеріальний показник ефективності в одній з моделей, приймається об'єм товарної (реалізованої) продукції [2]. Як фактори, що впливають на величину об'єму товарної (реалізованої) продукції, приймаються показники, що характеризують рівень організації та управління технічним контролем гідравлічних систем зернозбиральних комбайнів (таблиця 1).

За допомогою кореляційного аналізу MS Excel було встановлено взаємозв'язок кожного фактора з результативним показником і з іншими факторами, включеними в рівняння регресії. У математичну модель були включені лише ті фактори, які мають значимий зв'язок з результативним

показником [4]. Результати проведення регресійного аналізу в MS Excel наведені в таблиці 2.

Таблиця 1

Показники економічної ефективності діяльності технічного контролю гідравлічних систем зернозбиральних комбайнів

| Розрахунок показників економічної ефективності заходів щодо вдосконалення організації та управління технічним контролем гідравлічних систем зернозбиральних комбайнів                                                   | Умовні позначення                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Можливий приріст об'єму товарної (реалізованої) продукції за рахунок збільшення годинної продуктивності обладнання</p> $\Delta Q_{(q)} = \sum (q_1 - q_0) \times C_0 \times T_1$                                     | <p><math>q_0</math> - годинна продуктивність обладнання до реалізації відповідних організаційно-технічних заходів</p> <p><math>q_1</math> - годинна продуктивність обладнання після реалізації відповідних організаційно-технічних заходів</p> <p><math>T_1</math> - час роботи обладнання після реалізації відповідних організаційно-технічних заходів</p> <p><math>C_0</math> - ціна продукції, що випускається до реалізації відповідних організаційно-технічних заходів</p> |
| <p>Можливий приріст об'єму товарної (реалізованої) продукції за рахунок збільшення часу роботи обладнання</p> $\Delta Q_{(T)} = \sum q_0 \times (T_1 - T_0) \times C_0$                                                 | <p><math>T_0</math> - час безперебійної роботи обладнання до реалізації відповідних організаційно-технічних заходів</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <p>Можливий приріст об'єму товарної (реалізованої) продукції за рахунок збільшення якості продукції, що випускається</p> $\Delta Q_{(T)} = \sum (C_1 - C_0) \times Q_1$                                                 | <p><math>C_1</math> - ціна продукції, що випускається після реалізації відповідних організаційно-технічних заходів</p> <p><math>Q_1</math> - загальний об'єм випуску продукції після реалізації відповідних організаційно-технічних заходів</p>                                                                                                                                                                                                                                 |
| <p>Загальний приріст об'єму товарної (реалізованої) продукції в результаті підвищення ефективності роботи обладнання:</p> $\Delta Q_{\text{заг}} = \Delta Q_{(\Delta T)} + \Delta Q_{\Delta q} + \Delta Q_{\Delta C_0}$ |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Показники ефективності діяльності ремонтної служби підприємства:<br>- прямий - приріст товарної (реалізованої) продукції на 1 гривню витрат на технічний контроль:<br>$\Pi = \frac{\Delta Q_{\text{заг}}}{C_{\text{тех.контр}}}$<br>- зворотний - витрати на технічний контроль на 1 гривню приросту об'єму товарної (реалізованої) продукції:<br>$\Pi' = \frac{C_{\text{тех.контр}}}{\Delta Q_{\text{заг}}}$ | $\Delta Q_{\text{заг}}$ - приріст товарної (реалізованої) продукції в результаті здійснення організаційно-технічних заходів у сфері технічного контролю гідравлічних систем<br>$C_{\text{тех.контр}}$ - витрати підприємства на здійснення організаційно-технічних заходів у сфері технічного контролю гідравлічних систем |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Таблиця 2

## Результати проведення регресійного аналізу в MS Excel

| Регресійна статистика |            | Дисперсійний аналіз |   |
|-----------------------|------------|---------------------|---|
| Множинний R           | 0,99641673 | $df$                |   |
| R-квадрат             | 0,99284629 | Регресія            | 4 |
| Нормований R-квадрат  | 0,97853888 | Залишок             | 3 |
| Стандартна помилка    | 0,49837562 | Всього              | 6 |

Остаточного рівняння множинної регресії приймає наступний вигляд:

$$Y = 4,91 + 0,0012x_1 + 0,013x_2 - 0,63x_3 + 0,0066x_4$$

де  $Y$  - об'єм товарної (реалізованої) продукції;  $x_1$  - напрацювання на ремонтний цикл;  $x_2$  - напрацювання на поточний ремонт;  $x_3$  - напрацювання на технічне обслуговування;  $x_4$  - середнє напрацювання на відмову [6]. Вплив змінних факторів на результативний показник дуже велике, оскільки коефіцієнт детермінації дорівнює 0,99. Відповідно, вплив ознак, на результативний показник, не врахованих в даній моделі, складає 1%.

Список використаних джерел

1. Надточій О. В. Оптимізація навантаження збиральних ланок залежно від терміну експлуатації. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2019. Vol. 10. No 2. P. 97-102.

2. Titova L. L. Criteria for evaluation of efficiency of using machines in agricultural complex. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2020. Vol. 11. No 2. P. 151-156. <http://dx.doi.org/10.31548/machenergy.2020.02.151-156>.

3. Тітова Л. Л. Удосконалення обслуговування машин для лісотехнічних робіт за рахунок діагностики технічного стану

експлуатаційних матеріалів. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2020. Vol. 11. No 1. P. 147-154. <http://dx.doi.org/10.31548/machenergy.2020.01.147-154>.

4. Задорожнюк Д. В., Тітова Л. Л. Метод структурних схем оцінювання безвідмовності гідросистем зернозбиральних комбайнів. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. Вип. 30(44). С. 55-62 [http://dx.doi.org/10.31473/2305-5987-2022-1-30\(44\)-5](http://dx.doi.org/10.31473/2305-5987-2022-1-30(44)-5).

5. Rogovskii I. L. Titova L. L. Modeling the distribution of internal stresses in surface strengthened layer of steel parts after cementation and hardening. Journal of Physics: Conference Series. 2020. Vol. 1679. P. 042069.

6. Тітова Л. Л., Можарівський Д. М., Надточій О. В., Дасіч П. Аспекти експертної системи інженерного менеджменту технічним станом зернозбиральних комбайнів. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2022. Vol. 13. No 1. P. 60-66. <http://dx.doi.org/10.31548/machenergy2022.01.060>.

УДК 631.331

## **ОГЛЯД МЕТОДІВ ПОШУКУ ЕКСТРЕМУМУ БАГАТОМІРНИХ ФУНКЦІЙ В ЗАДАЧАХ МАШИНОВИКОРИСТАННЯ АПК**

*Можарівський Д. М., Надточій О. В.*

*Національний університет біоресурсів та природокористування України*

В агропромисловому комплексі (АПК) існує велика кількість задач, які можуть бути вирішені за допомогою комбінаторних методів оптимізації. Основною метою організації технологічного процесу при цьому є пошук поєднання шуканих параметрів, який забезпечує екстремум по одному з критеріїв якості – критерію підвищення біологічного потенціалу рослин, зменшення енерговитрат чи зменшення впливу на екосистему.

Для оцінки наближення локального екстремуму, отриманого застосуванням методів класичного і стохастичного градієнтного спуску, імпульсних, адаптивних та квазіньютонівських, що звужують околицю і вектор спаду. Визначимо залежність розмірності задачі і тимчасових витрат при пошуку глобального екстремуму функції мети.

Методи мінімізації функції при нелінійних обмеженнях можна розбити на два класи. До першого класу відносяться ті з них, в яких пошук умовного мінімуму зводиться до безумовної мінімізації функції, що виходить додаванням штрафу за неузгодженість обмежень до цільової функції. У методах другого класу обмеження враховуються безпосередньо,

і пошук йде по допустимим точкам з монотонно зменшуваними значеннями цільової функції. До першого класу відносяться методи бар'єрних і штрафних функцій [5]. До другого класу відносяться методи прямого і випадкового пошуку для вирішення завдань з обмеженнями [1, 2, 3, 6].

Завдання оптимізації в цілому зводиться до задачі пошуку екстремуму (мінімуму або максимуму) цільової функції з заданими обмеженнями. Її математична постановка виглядає наступним чином: необхідно визначити значення вектору змінних  $x = (x_1, x_2 \dots x_n)$ , які задовольняють обмеженнями виду:

$$f_i(x_1, x_2 \dots x_n) \leq b_i \quad (1)$$

для всіх  $i = 1 \dots k$  при яких досягається максимум чи мінімум цільової функції:

$$f_i(x_1, x_2 \dots x_n) \rightarrow (\min) \quad (2)$$

Допустимим рішенням задачі буде таке рішення, яке задовольняє її обмеження (1). Сукупність допустимих рішень задачі називають областю допустимих рішень (ОДР)  $D$ . Остаточним рішенням завдання є пара  $(x^{opt}, f^{opt}(x^{opt}))$ , що складається з оптимального рішення і оптимального значення цільової функції. При їх побудові можуть використовуватися як детермінований спуск в область екстремуму, так і випадковий пошук. Серед детермінованих методів розрізняють методи нульового порядку і градієнтні (1-го і 2-го порядку) [1, 2]. Перші обраховують значення функції, яка оптимізується. Другі використовують приватні похідні відповідного порядку. Для пошуку екстремуму в випадках, коли вид оптимізується функції відомий не повністю, або її структура занадто складна, застосовуються методи стохастичного програмування або нейронних мереж. Ефективність процедури пошуку оптимуму – можливість відшукування рішення і збіжність до вирішення по швидкості залежать від виду функції і застосовуваного для неї методу. Розглянемо стратегію кожного методу більш детально, досліджуючи для визначеності мінімізацію цільової функції.

Прямі методи (нульового порядку). З прямих методів найбільш відомі методи: координатного спуску – почергова оптимізація параметрів уздовж осей одним з відомих одновимірних методів; спірального координатного спуску; обертових координат (метод Розенброка); пошуку по симплекс; Хука-Дживса з пошуком за зразком; Розенброка; Пауела, тощо.

Градієнтні методи. Група методів, ітераційні процеси яких для вирішення завдань безумовної оптимізації, на кожному кроці збігаються з антиградієнтом функції, називаються градієнтними методами, чи методами спуску. Їх ще називають методами першого порядку, або методами спуску. Ці методи використовують як значення функції, так і значення приватних похідних першого порядку, тому можуть бути застосовані для мінімізації функцій, які диференціюються. Методи першого порядку сходяться

швидше методів прямого пошуку, так як в них враховуються похідні, що характеризують напрямок найбільш швидкого спадання функції.

Для практичного використання була розроблена програма на мові програмування Delphi (рис. 1).

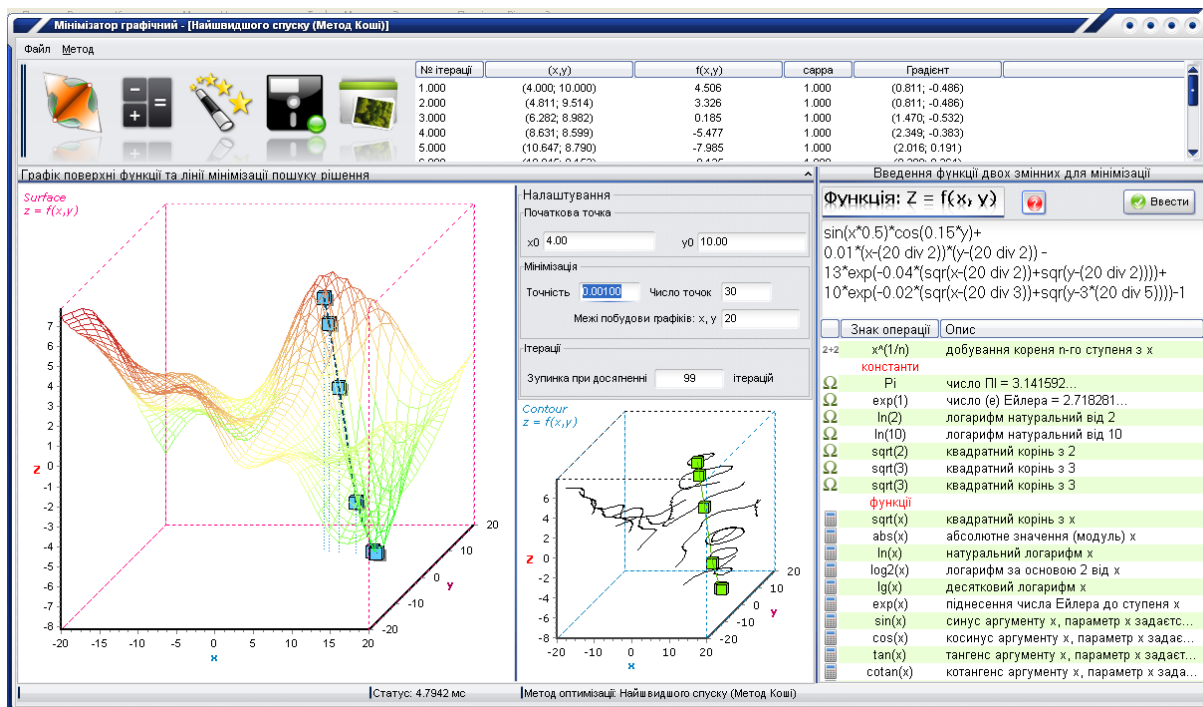


Рис. 1. Вид головного вікна програми *minGraph* (мінімізатор графічний)

Розроблений інтерфейс програми дозволяє оперативне введення цільової функції і здійснення пошуку рішення одним з 15 методів пошуку мінімуму: 1 – по координатний спуск (золотий перетин) – метод Гаусса-Зайделя; 2 – випадкового пошуку; 3 – градієнтного спуску з дробленням кроку; 4 – найшвидшого спуску (метод Коші); 5 – пов'язаних напрямків; 6 – Флетчера-Рівса; 7 – ДФП (Давідона-Флетчера-Пауелла); 8 – циклічного по координатного спуску; 9 – нульового порядку – Хука-Дживса; 10 – нульового порядку – Розенброка; 11 – нульового порядку – Пауелла; 12 – нерегулярний симплекс – Нелдера-Міда; 13 – метод Ньютона; 14 – умовного градієнта; 15 – проекції антиградієнта.

Методика числового експерименту полягала в наступному: для трьох цільових функцій при певних однакових початкових умовах досліджувалися швидкість та точність сходження при використанні 15 методів. При цьому фіксувалися наступні параметри: кількість ітерацій, час затрачений на пошук рішення, знайдене значення функції і наступне порівняння з точним значенням шляхом пошуку абсолютної похибки.

Обчислювальний експеримент показав, що найгіршу швидкість сходження показали методи 7, 8 та 14 і 15. Ці методи мають до того ж

незадовільну точність. Оптимальне рішення для складних функцій не було знайдено, а значення наближення до мінімуму склали від 0,049...99,994. Найбільш ефективно себе показали методи 10, 11 та 11. Точність даних методів склала 100%.

Проведені обчислювальні експерименти по мінімізації функції для 15 методів оптимізації показали, що для більшості досліджуваних функцій можна рекомендувати два методи: 10 нульового порядку Розенброка та 11 нульового порядку Пауелла. Це пояснюється тим, що дані алгоритми відразу рухаються на локальний мінімум і мають найбільш широку область тяжіння, в силу чого з більшою ймовірністю хоча б одна з ітерацій потрапляє в зазначену область і чинить максимальний вплив на подальшу поведінку алгоритму пошуку. Використання ж розробленого інструменту пришвидшить аналіз інженерних функцій, і загалом підвищить стабільність отриманих результатів.

#### Список використаних джерел

1. Надточій О. В. Оптимізація навантаження збиральних ланок залежно від терміну експлуатації. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. 2019. Vol. 10. No 2. P. 97-102.

2. Titova L. L. Criteria for evaluation of efficiency of using machines in agricultural complex. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. 2020. Vol. 11. No 2. P. 151-156. <http://dx.doi.org/10.31548/machenergy.2020.02.151-156>.

3. Тітова Л. Л. Удосконалення обслуговування машин для лісотехнічних робіт за рахунок діагностики технічного стану експлуатаційних матеріалів. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. 2020. Vol. 11. No 1. P. 147-154. <http://dx.doi.org/10.31548/machenergy.2020.01.147-154>.

4. Задорожнюк Д. В., Тітова Л. Л. Метод структурних схем оцінювання безвідмовності гідросистем зернозбиральних комбайнів. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. Вип. 30(44). С. 55-62 [http://dx.doi.org/10.31473/2305-5987-2022-1-30\(44\)-5](http://dx.doi.org/10.31473/2305-5987-2022-1-30(44)-5).

5. Rogovskii I. L. Titova L. L. Modeling the distribution of internal stresses in surface strengthened layer of steel parts after cementation and hardening. *Journal of Physics: Conference Series*. 2020. Vol. 1679. P. 042069.

6. Тітова Л. Л., Мажарівський Д. М., Надточій О. В., Дасіч П. Аспекти експертної системи інженерного менеджменту технічним станом зернозбиральних комбайнів. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. 2022. Vol. 13. No 1. P. 60-66. <http://dx.doi.org/10.31548/machenergy2022.01.060>.



УДК 631.331

## КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА РІВНЯ УПРАВЛІННЯ ТЕХНІЧНИМ КОНТРОЛЕМ МАШИНОВИКОРИСТАННЯ В АГРОПРОМИСЛОВОМУ КОМПЛЕКСІ

Ничай І. М.

Національний університет біоресурсів та природокористування України

Запропоновано методичний підхід, що забезпечує, на основі розрахунку групи технічних і економічних показників, виконання комплексної оцінки рівня організації і управління технічним контролем сільськогосподарських машин в агропромисловому комплексі.

Аналіз існуючих методичних підходів до оцінки рівня організації і управління технічним контролем показав, що дані підходи не можна назвати системними, оскільки в них передбачається використання великої кількості різнорідних, органічно не пов'язаних між собою показників, не розроблені також методи достовірної оцінки їх вагових коефіцієнтів (значущості). Виходячи з цього, пропонується методика комплексної оцінки рівня організації і управління технічним контролем на базі розрахунку системи взаємопов'язаних і взаємообумовлених показників (таблиця 1).

Таблиця 1

Система показників оцінки рівня організації і управління технічним контролем машиновикористання в агропромисловому комплексі.

| Групи показників   | Найменування показників і алгоритм їх розрахунку                                                                                                                                                                                                                                                       |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Технічні показники | 1. Напрацювання на ремонтний цикл:<br>$T_p = \Pi \times k_1 \times k_2$ <p>де <math>\Pi</math> – продуктивність обладнання, у відповідних одиницях випущеної продукції<br/><math>k_1</math> – коефіцієнт обліку умов експлуатації обладнання<br/><math>k_2</math> – коефіцієнт відновлення ресурсу</p> |
|                    | 2. Напрацювання на поточний ремонт обладнання:<br>$T_{\Pi} = \Pi \times k_3$ <p>де <math>k_3</math> – коефіцієнт, який відображає співвідношення середнього ресурсу деталей, що швидко зношуються, до продуктивності обладнання.</p>                                                                   |
|                    | 3. Напрацювання на технічне обслуговування обладнання:<br>$T_{TO} = 0,5 \times T_{\Pi}$                                                                                                                                                                                                                |
|                    | 4. Середнє напрацювання на відмову:<br>$\bar{Q}_1 = \sum_{i=1}^n \frac{t_{Bi}}{n}$ <p><math>t_{Bi}</math> – інтервал часу між послідовними відмовами обладнання,<br/><math>n</math> – число відмов обладнання за час випробувань або спостережень.</p>                                                 |

## Продовження таблиці 1

| Групи показників         | Найменування показників і алгоритм їх розрахунку                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Експлуатаційні показники | 5. Коефіцієнт технічної готовності обладнання:<br>$K_{\Gamma} = \frac{T_{\text{в}}}{T_{\text{в}} + T_{\text{чв}}}$ $T_{\text{в}}$ – середній наробіток на відмову,<br>$T_{\text{чв}}$ – час відновлення працездатності обладнання.                                                                                                                        |
|                          | 6. Час фактичної технічної готовності обладнання до експлуатації:<br>$t_{K\Gamma} = T_{\text{кф}} - T_{\text{рем}}$ де $T_{\text{кф}}$ – календарний фонд часу роботи обладнання, год;<br>$T_{\text{рем}}$ – час перебування обладнання в ремонті, год.                                                                                                   |
|                          | 7. Питома тривалість обслуговування і ремонту устаткування:<br>$t_{Hi} = Q_{Ei}^r \times \sum \frac{P_{Yi}}{g_{Yi}}$ де $Q_{Ei}^r$ – годинна еталонна продуктивність $i$ -ї одиниці обладнання<br>$P_{Yi}$ – тривалість $i$ -го виду ремонту обладнання, год<br>$g_{Yi}$ – напрацювання $i$ -го виду обладнання до $j$ -го виду ремонту, м <sup>3</sup> . |
| Економічні показники     | 8. Середня вартість однієї години роботи обладнання:<br>$C_{\text{ч}i} = \frac{C_{\text{в.о}} + C_{Ei}}{t_i}$ де $C_{\text{в.о}}$ – вартість обладнання, грн.<br>$C_{Ei}$ – витрати на експлуатацію обладнання, грн.<br>$t_i$ – кількість відпрацьованих годин, год.                                                                                      |
|                          | 9. Ціна машино-години технічної готовності обладнання:<br>$\ddot{C}_{\text{м}i} = \frac{C_{\text{рем.факт.}}}{I \times t_{K\Gamma\text{факт.}}}$ де $C_{\text{рем.факт.}}$ – фактичні витрати на ремонт обладнання, грн.<br>$t_{K\Gamma\text{факт.}}$ – фактична готовність обладнання, машино-годину                                                     |
|                          | 10. Трудомісткість обслуговування і ремонту устаткування:<br>$t_{Ti} = Q_{Ei}^r \times \sum \frac{T_{Yi}}{g_{Yi}}$ де $T_i$ – трудомісткість $j$ -го ремонту для $i$ -го обладнання, люд.-год.                                                                                                                                                            |
|                          | 11. Вартість однієї години ремонту обладнання:<br>$\tilde{N}_{\dot{Q}} = \frac{\sum C}{t_{\text{п}i}}$ де $C$ – витрати на проведення всіх видів ремонтів обладнання за аналізований період часу, грн.<br>$t_{\text{п}i}$ – середній час перебування обладнання в простої, год.                                                                           |

Пропонована система показників дозволяє оцінювати технічний стан машин і устаткування агропромислового комплексу. З іншого боку, ця система дає можливість оцінити рівень витрат, які забезпечують підтримку

обладнання в працездатному стані і, в кінцевому рахунку, ефективність роботи ремонтної служби підприємства, ефективність організації та управління технічним контролем машиновикористання.

Список використаних джерел

1. Надточій О. В. Оптимізація навантаження збиральних ланок залежно від терміну експлуатації. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. 2019. Vol. 10. No 2. P. 97-102.

2. Titova L. L. Criteria for evaluation of efficiency of using machines in agricultural complex. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. 2020. Vol. 11. No 2. P. 151-156. <http://dx.doi.org/10.31548/machenergy.2020.02.151-156>.

3. Тітова Л. Л. Удосконалення обслуговування машин для лісотехнічних робіт за рахунок діагностики технічного стану експлуатаційних матеріалів. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. 2020. Vol. 11. No 1. P. 147-154. <http://dx.doi.org/10.31548/machenergy.2020.01.147-154>.

4. Тітова Л. Л., Ничай І. М. Методологічні положення технічного рівня використання комплексу сільськогосподарських машин. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. 2020. Vol. 11. No 3. P. 151-162.

5. Rogovskii I. L. Titova L. L. Modeling the distribution of internal stresses in surface strengthened layer of steel parts after cementation and hardening. *Journal of Physics: Conference Series*. 2020. Vol. 1679. P. 042069.

6. Тітова Л. Л., Мажарівський Д. М., Надточій О. В., Дасіч П. Аспекти експертної системи інженерного менеджменту технічним станом зернозбиральних комбайнів. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. 2022. Vol. 13. No 1. P. 60-66. <http://dx.doi.org/10.31548/machenergy2022.01.060>.

УДК 631.331

## **ВПЛИВ КРИТЕРІЇВ ТЕХНІЧНОГО РІВНЯ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА НА ЙОГО ЕФЕКТИВНІСТЬ**

*Тітова Л. Л.*

*Національний університет біоресурсів та природокористування України*

Існуюча сільськогосподарська техніка, не дивлячись на її постійне удосконалення, потребує підтримання роботоздатності на протязі усього періоду експлуатації. Це досягається виконанням великого об'єму ремонтно-обслуговуючих дій, які при зростанні технічного оснащення,

ускладнення технічних засобів та використання автоматизованих пристроїв суттєво зростають. З підвищенням продуктивності зростає і значимість кожної відмови. Повною мірою це стосується зернозбиральних комбайнів, які постійно працюють в комплексі додаткових машин, що забезпечують виконання процесу збирання.

Для оцінки ефективності окремого зернозбирального комбайна за економіко-математичною моделлю в якості критерію оцінки його ефективності із врахуванням параметрів їх надійності приймалися питомі сумарні затрати на збирання зернових, які можна подати у вигляді:

$$C_{\Pi} = C_A + C_{3\Pi} + C_{\Pi MM} + C_{TOP} + C'_{BY} + C'_{B\bar{B}Y} + C'_{TO} + C'_{\Pi} \rightarrow \min \quad (1)$$

де  $C_{\Pi}$  – питомі сумарні витрати на збирання урожаю, грн/га;  $C_A$  – амортизаційні відрахування, грн/га;  $C_{3\Pi}$  – заробітна плата комбайнера та допоміжних працівників, грн/га;  $C_{\Pi MM}$  – затрати на паливо-мастильні матеріали, грн/га;  $C_{TOP}$  – затрати на технічне обслуговування і ремонт, грн/га;  $C'_{BY}$  – вартість втрат урожаю комбайном, грн/га;  $C'_{B\bar{B}Y}$  – вартість біологічних втрат урожаю із-за триваліших термінів жнив, грн/га;  $C'_{TO}$  – вартість втрат урожаю з технічних причин, грн/га;  $C'_{\Pi}$  – затрати на відрахування та податки, грн/га.

При проведенні державних випробувань нових комбайнів встановлені нормативні втрати в межах 2,5-3% (для розрахунків приймаємо середнє значення 2,75%). Вони складаються із втрат за жаткою внаслідок негерметичності, від недомолоту і наявності вільного зерна в соломі (за клавішами) та полові (за очисткою).

Вартість цих втрат ( $C'_{BY}$ ) для різних марок комбайнів напишемо у вигляді виразу:

$$C'_{BY} = k_{KOM} \cdot U_3 \cdot \Pi_3, \quad (2)$$

де  $k_{KOM}$  – коефіцієнт втрат за комбайном;  $U_3$  – біологічна урожайність зерна, ц/га;  $\Pi_3$  – закупівельна ціна продукції, грн/ц.

Вартість біологічних втрат урожаю ( $C'_{B\bar{B}Y}$ ) визначаємо за формулою:

$$C'_{B\bar{B}Y} = \frac{k_B \cdot U_{max} \cdot \Pi_3 \cdot k_{PD} \cdot S_T}{W_D}, \quad (3)$$

де  $U_{max}$  – максимальна урожайність в період повного дозрівання пшениці, ц/га;  $k_{PD}$  – коефіцієнт втрат за період повного дозрівання пшениці, %;  $k_B$  – коефіцієнт біологічних втрат урожаю;  $W_D$  – денна продуктивність комбайну, га.

Вартість втрат урожаю з технічних причин ( $C'_{TO}$ ) (простої комбайнів із за відмов) за період жнив  $T$  складе:

$$C'_{TO} = C_{\Pi P} \cdot T_{\Pi P} \quad (4)$$

де  $C_{\Pi P}$  – вартість години простою комбайна за період  $T$ , грн/год.;  $T_{\Pi P}$  – час простою комбайна за період  $T$ , год.

В роботі [6] вартісні втрати від недоотримання урожаю, за рахунок триваліших термінів збирання, пов'язаних із відмовами з технічних причин визначені за залежністю:

$$C'_{TO} = k_B \cdot U_{opt} \cdot \Pi_3 \cdot D \quad (5)$$

де  $k_B$  – коефіцієнт врахування втрат продукції при затягуванні термінів виконання робіт від оптимального моменту на одиницю часу;  $D$  – відхилення виконання роботи від оптимального агротехнічного терміну з технічних причин, днів;  $U_{opt}$  – значення урожайності, що може бути отримане при виконанні роботи в агротехнічні терміни, ц/га.

Процес роботи комбайна розглядався у вигляді системи масового обслуговування, де у якості апарату розглядалась машина, від якої поступає потік відмов, що змушують техніку простоювати [3].

Тоді, зважаючи на випадковість величини простоїв з технічних причин ( $T_{пр}$ ) середній час простою комбайна із за відмов можна визначити за залежністю:

$$T_{пр} = \frac{T \cdot \lambda}{\lambda + \mu} - \frac{\lambda}{(\lambda + \mu)^2} \cdot (1 - e^{-(\lambda + \mu)T}), \quad (6)$$

де  $\lambda$  – інтенсивність відмов за період збирання  $T$ , 1/год.;  $\mu$  – інтенсивність відновлення комбайна за період жнив  $T$ , 1/год.

Для визначення величини  $\lambda$  і  $\mu$  необхідно знати наробіток на відмову, середній час відновлення і фактори, що впливають на ці показники.

Загалом час відновлення є величиною випадковою і залежить від складності вузла, агрегату, деталі, яка відмовила, наявності запасних частин, інструменту, організаційних моментів щодо усунення відмови, тощо. Його можна визначити на основі статистичного матеріалу за залежністю:

$$T_{RES} = \frac{\sum_{i=1}^m t_{resi}}{m}, \quad (7)$$

де  $t_{resi}$  – час відновлення роботоздатності комбайна після  $i$ -ї відмови, год.;  $m$  – кількість відмов за період жнив.

Наробіток на відмову є основною величиною, що характеризує надійність машини і визначається з виразу:

$$T_{REF} = \frac{\sum_{i=1}^m t_{refi}}{m} \quad (8)$$

де  $t_{refi}$  – наробіток комбайна до  $i$ -ї відмови.

Значення  $\lambda$  і  $\mu$  є оберненими величинами наробітку на відмову і часу відновлення, тобто:

$$\lambda = \frac{1}{T_{REF}} \quad (9)$$

$$\mu = \frac{1}{T_{RES}} \quad (10)$$

Таблиця 1

Наробіток на відмову зернозбиральних комбайнів (в годинах) склала (2021 р):

|             |    |                |     |                 |     |
|-------------|----|----------------|-----|-----------------|-----|
| Енісей-1200 | 11 | ACROS-540      | 44  | TUCANO-450      | 210 |
| PCM-101     | 21 | ПОЛЕСЬЕ GS12A1 | 90  | LEXION-570      | 220 |
| Дон-1500 Б  | 28 | CLASS MEGA-370 | 110 | JOHN DEERE-9660 | 250 |

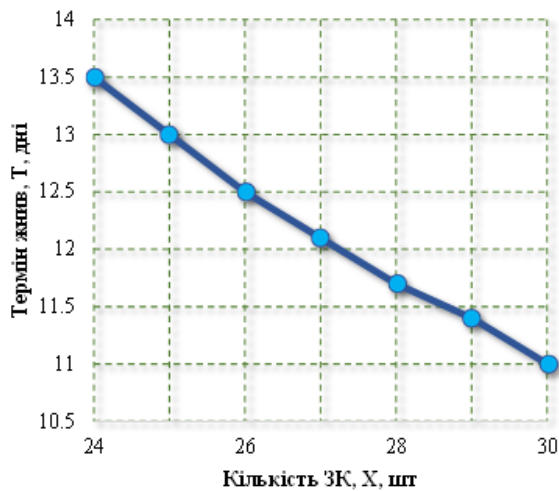


Рис. 1. Залежність терміну жнив від кількості ЗК

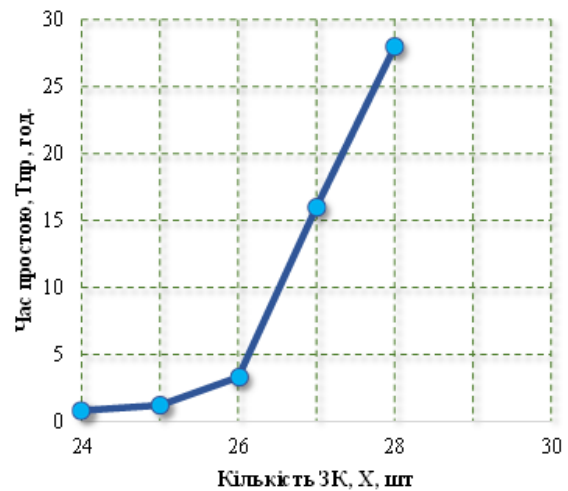


Рис. 2. Залежність кількості простоїв з технічних причин від кількості ЗК

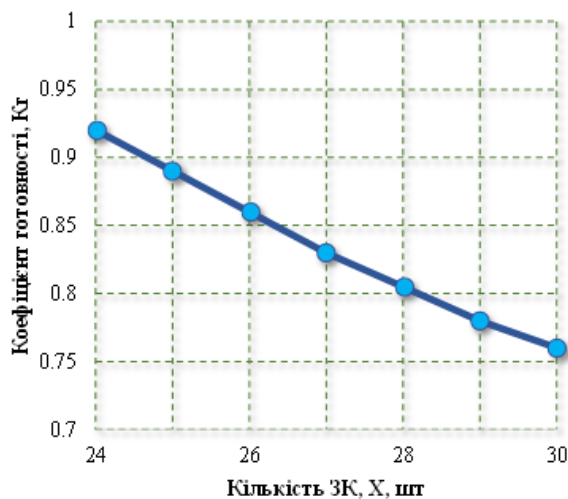


Рис. 3. Залежність коефіцієнта готовності від кількості ЗК

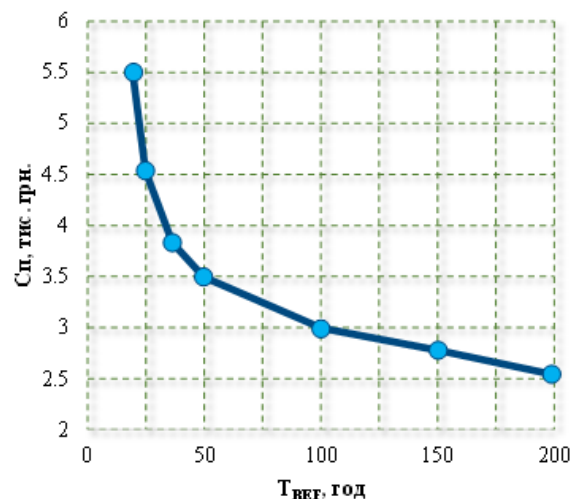


Рис. 4. Залежність питомих простоїв з технічних причин (CLASS MEGA-370)

Так як величина  $D(5)$  є значенням простоїв машини, що визначене за (6) після підстановки в (5) отримаємо:

$$C'_{TO} = k_B \cdot U_{opt} \cdot Ц_3 \left[ \frac{T\lambda}{\lambda + \mu} - \frac{\lambda}{(\lambda + \mu)^2} \left( 1 - e^{-\left(\frac{\lambda + \mu}{T}\right)} \right) \right], (11)$$

Приведена розроблена методика оцінки ефективності зернозбиральних комбайнів із врахуванням їх надійності реалізована на прикладі парку комбайнів Київської області.

При цьому середній час відновлення комбайнів склав 3,6 годин.

На рис. 1-3 приведені залежності періоду збирання, часу простоїв з технічних причин і надійності парку комбайнів від кількості зернозбиральних комбайнів у господарстві.

Залежності отримані для господарства з об'ємом робіт більше 10000 га, агротехнічний термін жнив 14 днів, а тривалість зміни складала 18 год. Рис. 1 показує, що збирання в агротехнічний термін можливе при наявності в господарстві 24 комбайнів, а при більшій їх кількості цей термін стискається, що дозволяє уникнути втрат зерна із-за осипання.

Залежність на рис. 2 показує що жнива триватимуть 14 днів за допомогою 24 комбайнів з простоями, що не перевищують 1,24 год, чи 25 комбайнами з простоями 1,9 год.

Залежність (рис. 3) слід розуміти наступним чином: для виконання збирання в агротехнічні терміни коефіцієнт готовності комбайнового парку (при 24 комбайнах) має бути не менше 0,92, при 25 комбайнах – не менше 0,88, тощо (при 29 комбайнах – не менше 0,76).

Отримані графіки питомих сумарних затрат по кожній марці комбайнів від їх основних показників і характеристик: наробітку на відмову і часу відновлення, які характеризують їх надійність з позиції безвідмовності і ремонтпридатності. На рис. 4 приведені залежності питомих сумарних затрат від наробітку на відмову і часу відновлення комбайна CLASS MEGA-370.

#### Список використаних джерел

1. Надточій О. В. Оптимізація навантаження збиральних ланок залежно від терміну експлуатації. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. 2019. Vol. 10. No 2. P. 97-102.

2. Titova L. L. Criteria for evaluation of efficiency of using machines in agricultural complex. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. 2020. Vol. 11. No 2. P. 151-156. <http://dx.doi.org/10.31548/machenergy.2020.02.151-156>.

3. Тітова Л. Л. Удосконалення обслуговування машин для лісотехнічних робіт за рахунок діагностики технічного стану експлуатаційних матеріалів. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. 2020. Vol. 11. No 1. P. 147-154. <http://dx.doi.org/10.31548/machenergy.2020.01.147-154>.

4. Oleksandr Nadtochiy, Lyudmila Titova. Simulation of agricultural processes. *An International Quarterly Journal on Motorization, Vehicle Operation, Energy Efficiency and Mechanical Engineering*. Lublin-Rzeszow. 2018. Vol. 18. No 2. P. 39-49.

5. Rogovskii I. L. Titova L. L. Modeling the distribution of internal stresses in surface strengthened layer of steel parts after cementation and hardening. *Journal of Physics: Conference Series*. 2020. Vol. 1679. P. 042069.

УДК 631:86:631.17

## CHARACTERIZATION OF ENGINEERING MANAGEMENT OF STATE OF INDEPENDENT ELEMENTS OF PLANT ENGINEERING SYSTEMS BASED ON CARRIER ETHERNET

*Sivak I. M.*

*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*

For a long time, SDH/PDH technologies served as the basis for engineering management as an independent element of system engineering [1]. However, the analysis of foreign experience [2] of development indicates an active transition to packet-oriented technologies (Carrier Ethernet and MPLS-TP) [3].

The need for a uniform way of transmitting data led to the development of Ethernet technology, which formed the basis of the IEEE 802.3 standard. However, Ethernet technology did not have data transmission synchronism (Fig. 1)). This led to the impossibility of guaranteed and timely delivery of data packets. A number of technologies over Ethernet have been developed to address the shortcomings, but many of them have a high implementation cost. In the early 2000s a new technology has appeared - Carrier Ethernet (CE), or carrier-class Ethernet [4]. A distinctive feature of CE technology from other carrier-class technologies is the presence of standardized OAM mechanisms (Operation, Administration, Maintenance – operation, administration and maintenance) to achieve key management goals.

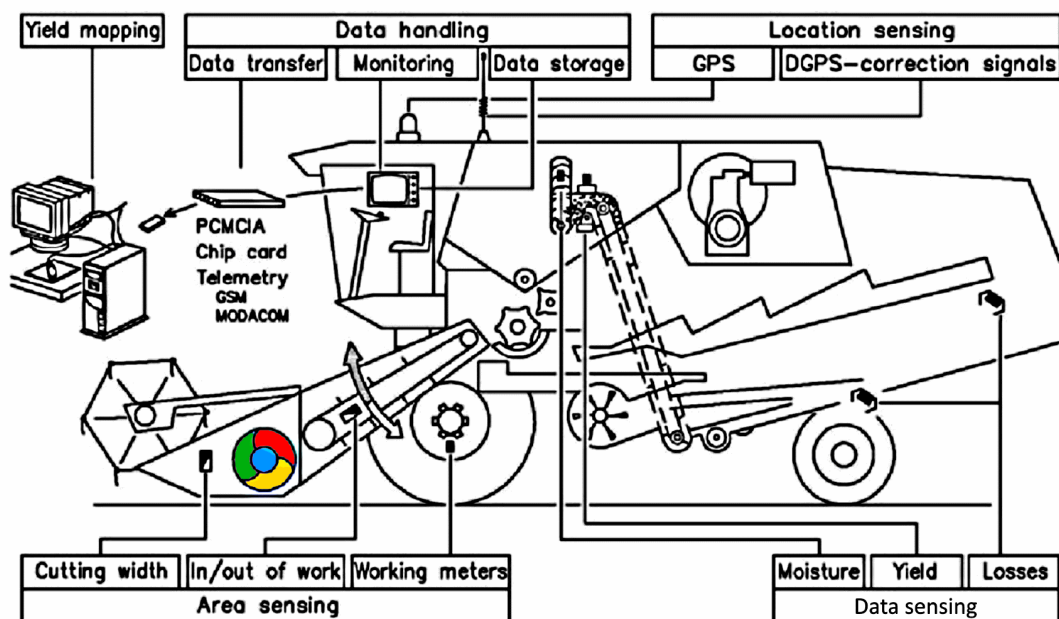


Fig. 1. Components for local yield detection in a combine harvester.



The technical committee within the framework of CE technology describes solutions for effective network management and, based on the OAM provisions, provides end-to-end fault management (Fault Management), performance management (Performance Management), configuration management (Configuration Management), as well as monitoring of performance parameters (Performance Management) across multiple interconnected networks.

Each of the listed types of management has its own set of functions [3], the totality of which allows you to manage faults, network performance and configuration, as well as manage the interaction of several networks.

In networks built on the basis of CE technology, there are three domains (levels): a reference domain (core), an access domain (access), and an aggregation domain (aggregation) [5]. CE technology generally refers to an access domain and an aggregation domain (Fig. 2).

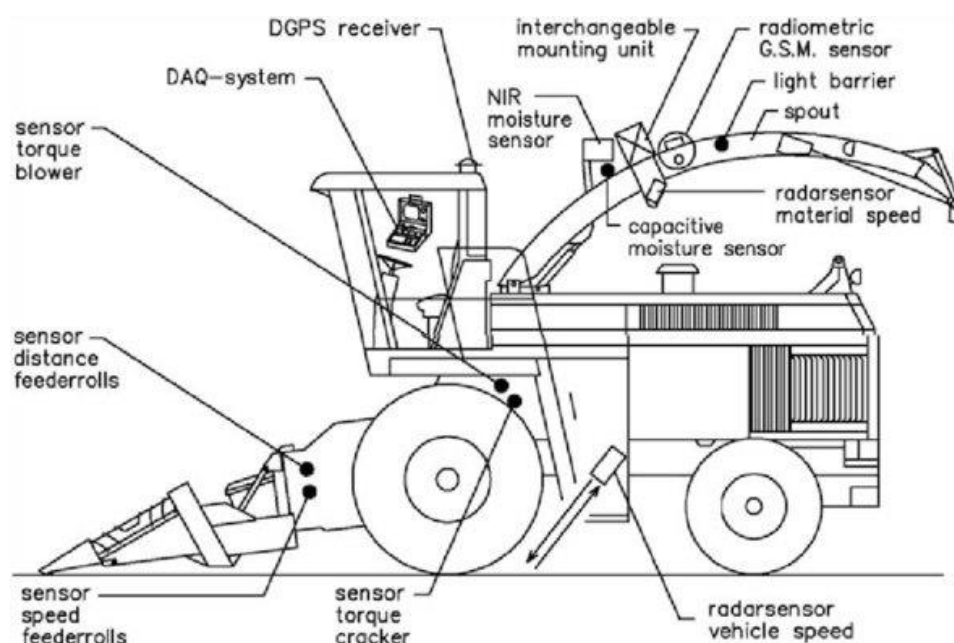


Fig. 2. Sensor configuration for mass flow detection in a forage combine.

Engineering management will become an independent element of the system engineering of the Russian industry is built on the basis of a three-level model [1] with the allocation of: the transport level, the aggregation level and the access level. Moreover, the aggregation level provides termination, summation of subscriber traffic and connection to the transport level of the data transmission network between different access level networks.

Since, in accordance with [1], when choosing equipment for engineering management, the requirements for the openness of the applied telecommunication technologies and their compliance with departmental and international standards must be implemented, Carrier Ethernet technology must ensure the compatibility of such equipment. At the moment, there are no clear rules for defining the boundaries between the levels of engineering management and become

independent elements of the system engineering of the agrarian industry. Depending on the features, these boundaries vary widely.

#### References

1. Rogovskii I., Titova L., Sivak I., Berezova L., Vyhovskyi A. (2022) Technological effectiveness of tillage unit with working bodies of parquet type in technologies of cultivation of grain crops. *Engineering for Rural Development*. 21. pp. 884-890. <https://doi.org/10.22616/ERDev.2022.21.TF279>.
2. Rogovskii I.L., Titova L.L., Voinash S.A., Troyanovskaya I.P., Sokolova V.A. (2021) Change of technical condition and productivity of grain harvesters depending on term of operation. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 720. pp. 012110 doi: 10.1088/1755-1315/720/1/012110.
3. Rogovskii I., Titova L., Novitskii A., Rebenko V. (2019) Research of vibroacoustic diagnostics of fuel system of engines of combine harvesters. *Engineering for Rural Development*. 18. pp. 291-298. <https://doi.org/10.22616/ERDev2019.18.N451>.
4. Rogovskii I. L. Models of formation of engineering management alternatives in methods of increasing grain production in agricultural enterprises. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. 2021. Vol. 12. No 1. P. 137-146. <http://dx.doi.org/10.31548/machenergy2021.01.137>.
5. Nazarenko I., Mishchuk Y., Mishchuk D., Ruchynskyi M., Rogovskii I., Mikhailova L., Titova L., Berezovyi M., Shatrov R. Determination of energy characteristics of material destruction in the crushing chamber of the vibration crusher. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2021. Vol. 4(7(112)). P. 41–49. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.239292>.

УДК 631.331

### **GENERAL PROVISIONS FOR EFFICIENCY OF OPERATION OF GRAIN HARVESTERS**

*Shatrov R. R.*

*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*

The enterprise's provision of harvesters and the level of their use significantly affect the gross harvest of agricultural crops, since late harvesting leads to significant losses of the grown crop [1]. It is known, for example, that grain losses reach 25-30% due to a delay in harvesting grain ears for 10-12 days. Delaying the harvest of sugar beets can lead to a complete loss of the harvest due to the onset of frosts, which make harvesting impossible [2]. Therefore, it is economically beneficial for entrepreneurs to have such a number of harvesters

that will ensure the harvesting of crops at the optimal time [3]. The actual supply of agricultural enterprises with harvesters is characterized by an indicator of their number by type per 1,000 ha of harvested area or the inverse ratio - the size of the harvested area of a certain crop with the available number of harvesters of the corresponding type [4].

In 2021, 30,000 grain harvesters worked in agricultural enterprises. One grain harvester accounted for 250 hectares of grain sowing, which is significantly more than in previous years (by 1.8 times). The insufficient supply of grain harvesters leads to large annual losses of grain, approximately 6-8 million tons. If such losses were not allowed, then, by selling this grain at world prices (say, at 120 US dollars per 1 ton), it would be possible to obtain an additional 720 - 900 million dollars of income and with these funds to purchase more than 6 thousand combine harvesters for their annual needs of 7,000 units [5]. However, the assessment of this indicator must be carried out taking into account the productivity of combines, which is constantly growing in their new modifications. For example, modern domestic and foreign grain harvesters are significantly more productive than the old brands of these machines ("Niva", "Kolos", "Don-1500"). Therefore, there was a natural tendency to increase the harvested area per harvester. This factor is taken into account by the indicator of the degree of provision of agricultural enterprises with harvesters. It is determined by the ratio of their actual availability to the normative need of enterprises for harvesters, which is calculated according to the formula:

$$n = \frac{U}{T \cdot X \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3}$$

where  $U$  – harvesting area of culture, ha;  $T$  – the duration of crop harvesting, during which crop losses are not allowed, days;  $X$  – variable production rate, ha.

At large agricultural enterprises, the majority of crops are harvested according to current technology, thanks to which the terms of harvesting work are reduced, therefore, crop losses are reduced, and savings are achieved due to the elimination of auxiliary operations. At the same time, as practice and scientific studies of a number of economists and technologists show, the greatest effect of flow technologies is achieved by group use of machines and optimal supply of harvesters with vehicles.

The efficiency of combine harvesters is determined by indicators of intensity, productivity and economy. Intensity indicators include the number of machine-days worked by one combine and separately machine-changed per season. They are calculated by dividing the machine-days (machine-shifts) worked by a certain type of combine by the average seasonal number of combines (both those that worked and those, which did not work). The productivity of harvesters is determined by such indicators as the number of harvested hectares per harvester per season, by machine-day and machine-shift. The first of the named indicators is calculated by dividing the harvested area by a certain type of combine harvesters by their average seasonal quantity, the second two indicators

are calculated by analogy with the only feature that the denominator takes worked machine days (machine shifts).

For grain harvesters, such important productivity indicators as the volume of grain threshed by one harvester per season, per machine day, and one machine shift are also determined. In order to calculate these indicators, the numerator is operated on the received grain in the bunker weight. The economic efficiency of combine harvesters is judged by the indicators of cost price of 1 ha of harvested area and fuel consumption for the same area. In particular, the cost price of 1 ha of harvested area is determined by dividing the sum of all costs for the operation of harvesters of a certain type (wages of workers of the assembly complex with accruals, depreciation, fuel and oil, repairs, transportation costs) by the harvested area. Fuel consumption per 1 ha of harvested area by the "Slavutich" harvester at a yield of 45-48 tons of grain from 1 ha is 18.2 l, and, say, by the "Medion-310" harvester at the same yield - 16.8 l.

Analyzing the work of the harvester park according to the considered indicators, it should be remembered that the indicator of the number of machine-days worked by one harvester to a certain extent characterizes the duration of harvesting the corresponding crop in the farm. Therefore, it is expedient to evaluate the performance of harvesters of the corresponding type according to this indicator from the standpoint of the established terms of harvesting this crop and taking into account productivity indicators. Taking this into account, for a generalized assessment of the level of utilization of the enterprise's harvester fleet, it is possible to use the integral indicator  $l_1$ , calculated by the expression:

$$l_1 = \sqrt{\frac{T_0}{F_1} \cdot \frac{F_2}{H_1 \cdot t_1}}$$

where  $T_0$  – the optimal period of crop harvesting, days;  $F_1$  – the actual period of crop collection, days;  $F_2$  – the actual area harvested by the harvester per daylight, ha;  $H_1$  – production rate for 1 hour, ha;  $t_1$  – normative duration of work of the harvester during the daylight hours.

As of 2014, many enterprises had an insufficient level of supply of wood or other types of harvesters. An extremely negative phenomenon on the domestic market of combines, primarily grain combines, is that a large number of them are imported annually. It should be borne in mind that in the European market, six giant companies control 97% of the combine harvester market and 76% of the tractor market, that is, the world agricultural machinery industry is characterized by a significant increase in the concentration and monopolization of production. However, there is every reason to believe that the domestic industry is capable of fully meeting the needs of agricultural enterprises in grain harvesters. Thus, the only specialized plant in Ukraine for the production of grain harvesters, OOO NPP "Khersonmash" is capable of producing 1.5 thousand units annually with state support. Grain harvesters. This would make it possible to attract about 200 industrial enterprises to cooperation and additionally create 15,000 jobs. side

places. By 2012, the plant produced an improved "Slavutich" harvester, which is more productive and reliable than its predecessors.

In 2011, 21 such harvesters belonging to the mechanized brigade of MTS of the State Food and Grain Corporation of Ukraine (GP ZKU) were collected in the Kherson region in two weeks. 8.2 thousand ha of early grains, that is, the daily productivity of one combine was 28 ha, and it could harvest up to 40 ha.

A new grain harvester "Skyf" has been constructed at the plant, using the most modern domestic and foreign know-how. In 2011, one of the modifications "Skyf-230" and "Skyf-230 A" already received a patent for industrial production. The plant completely switches to the production of these and other modifications of the "Skyf" harvesters, namely - the "Skyf-Tukano 440" harvester with a capacity of 9-12 kg/s. Grain harvesters are also produced at other plants in Ukraine (Kharkiv Plant named after Malyshev, Pavlograd Mechanical Plant).

The problem of increasing the capacity to produce our own grain harvesters remains extremely relevant for Ukraine. In order to meet the technological needs of farmers in these combines, according to various estimates, it is necessary to supply 6-7.5 thousand of them annually to the village. units, and therefore Ukraine has to import a large amount of this equipment. In other words, we support not our own, but a foreign producer, and bear significant social losses for this.

The methodology for determining the technological need for grain harvesters, taking into account their high productivity, requires clarification. According to the calculations of some economists, they do not need 75 thousand. units, and at least half as much. The need for such a clarification is also dictated by the fact that in Ukraine, new forms of organizing the collection of grain crops are introduced, which will be discussed further below. It is important that domestic grain harvesters are significantly (many times) cheaper than foreign brands "John Deer", "CASE 2166" and other analogues, and in terms of technical and operational characteristics, Ukrainian harvesters are not much inferior to foreign ones, and in some parameters are even superior. The practice of using domestic harvesters has shown that they are more reliable than their foreign counterparts on weedy, wet fields and on steep slopes. Moreover, domestic grain harvesters are universal and can harvest corn, sunflower, and fodder crops. By using them, the problem of providing spare parts disappears, and this reduces the cost of maintenance and, consequently, the cost of cleaning work. There are grounds to assert that the new "Skyf" combine harvesters are capable of successfully competing with foreign analogues in terms of all key performance and reliability parameters.

It is important to note that in order to determine the advantages of one or another model of the harvester, it is necessary to focus not only on its purchase price and individual technical and economic characteristics, but also on the cost of threshing 1 ton of harvest. After all, this indicator reflects the price of the combine, operating costs, cost of spare parts, and reliability. According to some reports, the cost of threshing 1 ton of grain with KZS-9-1 "Slavutich" combines

is 7 dollars, while "John Deer" - 9500 - 17 dollars, "Claas Dominator" - 15.5 "Massey Fergusson MF-40 "(Canada) - \$16. Despite the high productivity of domestic and foreign combine harvesters, many agricultural enterprises with a relatively small land area are economically unprofitable to purchase one or another type of combine harvester (one harvester can harvest up to 40 hectares of grain in a day). In this regard, the interstate use of combine harvesters, which are individually or jointly owned, is of particular importance. MTS - machine-technology stations still play a significant role in the organization of cleaning work.

The State Food and Grain Corporation of Ukraine (GPZ KU) demonstrates the modern organization of grain harvesting taking into account the geographical factor. In 2011, its machine-technology station managed and controlled the work of 500 harvesters, each of which was equipped with GPS-navigation, using the GPS-monitoring system. This made it possible to control the harvesting process, avoid downtime, observe the harvesting schedule, and save money. In addition to grain harvesting on the corporation's lands, its 17 teams (the teams include combine harvesters, mechanics, drivers) carry out harvesting in the fields of agricultural producers who do not have or lack their own grain harvesting equipment (contract price - UAH 300 per 1 ha). The corporation plans to purchase up to 2,000 more harvesters (the total fleet of harvesters will be 2.5 thousand units). This will allow gathering not by one column from the south to the center, and then to the north and west, but by two. Such a practice of grain collection, which takes into account the geographical factor, is effective: it significantly reduces the need for harvesters, shortens harvesting time, and, consequently, minimizes grain losses, and reduces costs per unit of harvested area.

#### References

1. Rogovskii I. L. Titova L. L. Modeling the distribution of internal stresses in surface strengthened layer of steel parts after cementation and hardening. *Journal of Physics: Conference Series*. 2020. Vol. 1679. P. 042069.
2. Rogovskii I., Titova L., Novitskii A., Rebenko V. (2019) Research of vibroacoustic diagnostics of fuel system of engines of combine harvesters. *Engineering for Rural Development*. 18. pp. 291-298. <https://doi.org/10.22616/ERDev2019.18. N451>.
3. Rogovskii I. L. Models of formation of engineering management alternatives in methods of increasing grain production in agricultural enterprises. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. 2021. Vol. 12. No 1. P. 137-146. <http://dx.doi.org/10.31548/machenergy2021.01.137>.
4. Nazarenko I., Mishchuk Y., Mishchuk D., Ruchynskyi M., Rogovskii I., Mikhailova L., Titova L., Berezovyi M., Shatrov R. Determination of energy characteristics of material destruction in the crushing chamber of the vibration crusher. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2021. Vol. 4(7(112)). P. 41–49. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.239292>.

5. Rogovskii I., Titova L., Sivak I., Berezova L., Vyhovskyi A. (2022) Technological effectiveness of tillage unit with working bodies of parquet type in technologies of cultivation of grain crops. Engineering for Rural Development. 21. pp. 884-890. <https://doi.org/10.22616/ERDev.2022.21.TF279>.

УДК 631.331

## **PECULIARITIES OF DETERMINING PARAMETERS OF TECHNICAL CONDITION OF GRAIN HARVESTERS BY VIDEO ENDOSCOPY DIAGNOSIS**

*Shvydun O. V.*

*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*

Most measurements were performed in “N46 B20 AA” spark-ignited inline- four-cylinder engine, naturally aspirated with a total displacement of 1995 cm<sup>3</sup> (84 mm bore, 90 mm stroke, geometric compression ratio 10, four valves per cylinder). The engine operated with stoichiometric fuel/air ratio and had port-fuel injection with load being controlled by variable valve lift and phasing. Actuators, ignition, and injection were managed by the production engine control unit (ECU), to which we had read-out access only. On the endoscopically accessed flywheel-side cylinder the crank-angle resolved pressure was measured in the cylinder, intake, and exhaust. The fueling system used the production injectors, but the endoscopically accessed cylinder had a separate fuel supply, such that it could be operated on surrogate fuels without unknown fluorescing compounds. All measurements were performed in continuously fired operation.

The engine was operated at 2000 min<sup>-1</sup>, 4 bar indicated mean effective pressure, with maximum intake and exhaust valve lifts of 2.2 and 9.7 mm, respectively. Ignition occurred at -34.5 °CA. In this paper, zero °CA is taken to be compression top-dead center, i.e., crank angles during intake and compression are negative.

In addition to experiments in this inline-4 (I4) production engine, we also acquired auxiliary image sequences of combustion chemiluminescence in two single-cylinder engines: First, our fully optically accessible SI engine, which has cylinder parameters very similar to the I4 production engine, including reduced valve lift; second, in an endoscopically accessed single-cylinder motorcycle engine at the IFKM in Karlsruhe (Rotax 650 cm<sup>3</sup>, 100 mm bore, 83 mm stroke, CR 10.8, 4 valves, about 9 mm valve lift). Operating conditions were not identical, but similar enough for the qualitative comparison that will follow. Details can be found in [1].

Figure 1 schematically shows the geometry of engine and optics, Table 1 and Table 2 give keys to filters and other elements that were interchanged between different experiments, and Figure 2 gives an overview of the most important spectral features in emission and detection. More detail can be found in [2].

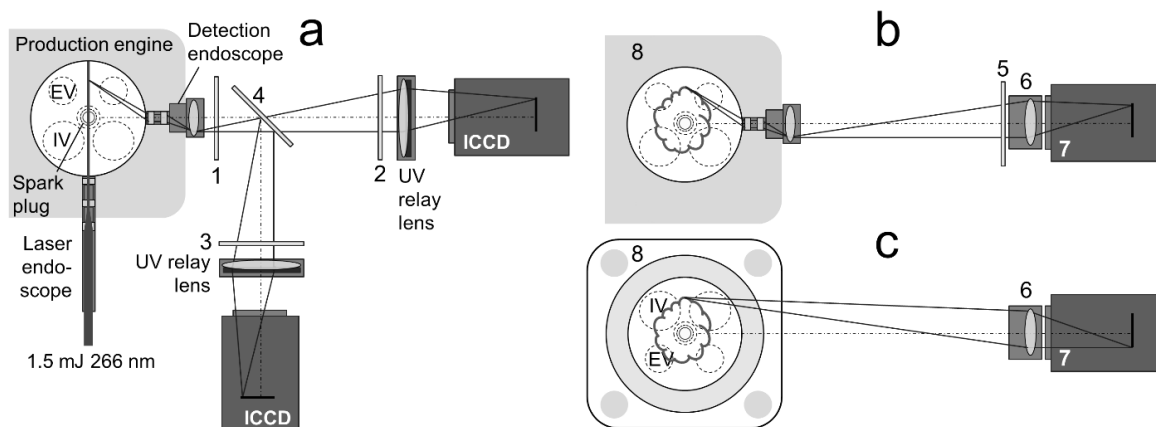


Fig. 1. Engines and optics. For numbered elements, see Tables 1 and 2. a – Two-color tracer-LIF and simultaneous anisole-LIF / OH\*-CL, b – endoscopic combustion imaging, c – combustion imaging in the optical engine.

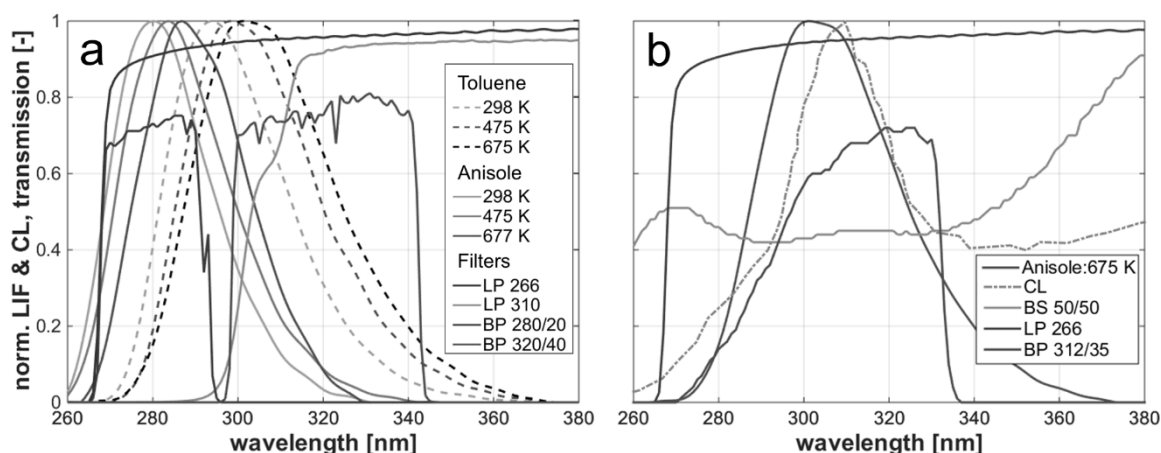


Fig. 2. Spectral overview of emission and detection. (a) Toluene and anisole LIF at different temperatures, and transmission of the filters used for two-color detection. (b) anisole LIF, chemiluminescence (CL), and filter transmission for OH\*-detection (and simultaneous anisole LIF). CL spectrum from [1] for conditions similar to current ones.

Two variants of tracer LIF were used: (i) Two-color tracer-LIF and (ii) simultaneous anisole LIF / OH\*-imaging. Refer to Figure 1a and Figure 2a and b. A frequency-quadrupled Nd:YAG laser, supplying 266 nm pulses with 1.5 mJ/pulse at a maximum repetition rate of 10 Hz, excited LIF of 20% toluene or 2.5% anisole dissolved in the base surrogate fuel iso-octane [3]. The laser input



port, 12 mm in diameter, was located between and below the intake runners [4]. The light-sheet forming optics were mounted in a bushing and consisted of a cylindrical telescope laterally compressing the beam and, closest to the combustion chamber, a negative cylindrical lens forming a vertically diverging sheet [5]. A sapphire window (thickness 3 mm) protected the assembly against the cylinder pressure.

As shown in Figure 2a for a few selected temperatures, with increasing temperature the spectra of both anisole and toluene exhibit a spectral red-shift. By measuring the signal from two suitably chosen spectral regions ("colors") the temperature can be determined from the spectral ratio. For quantitative thermometry, the signal ratio of the two spectral regions then needs to be related to the corresponding gas-phase temperature by calibration. This calibration is far from trivial and was not satisfactory at the time of writing, thus we will limit the discussion to an overview of raw image quality, which still provides interesting insights. The detection port was collinear with the crankshaft and had a minimum diameter of 12 mm. A thin titanium bushing with a press-fit sapphire window of 2.7 mm thickness provided pressure sealing. The front endoscope projected a real intermediate image onto a field lens, from which it was imaged onto the detector by a refractive-diffractive relay lens. This diffractive element employed here is designed to provide chromatic correction from 275–350 nm.

For two-color tracer-LIF, a beam splitter mounted in between the endoscope and the relay reflected light above 310 nm onto an intensified CCD yielding an image from the "red" part of the LIF spectrum, while the transmitted light below 310 nm was detected by an identical camera as the "blue" channel. Band-pass filters further constrained the spectral range of each "color" channel to block fluorescence not originating from the tracer, for example, from engine oil. A long-pass filter blocked reflected laser light. Both cameras were gated for 300 ns bracketing the laser pulse.

For simultaneous anisole-LIF / OH\*-imaging, the same basic arrangement was used, but with different filters and intensifier gates. Since, as Figure 2b shows, anisole LIF and OH\*-CL spectrally overlap, a beam splitter distributed 50% of the collected light onto each camera. Anisole LIF was separated from stray laser light by a long-pass filter, while CL originating from OH\* was detected through a band-pass filter with the camera gate extended to 15  $\mu$ s, slightly delayed from the LIF-detection gate.

The arrangement for combustion imaging, summarized in Figure 1b, and Figure 2b and c, was much simpler. A single camera and lens imaged the flame's chemiluminescence, either from the field lens of the endoscope (in the production engines), or directly from within the combustion chamber (in the optical engine).

#### References

1. Rogovskii I. L. Titova L. L. Modeling the distribution of internal stresses in surface strengthened layer of steel parts after cementation and hardening. *Journal of Physics: Conference Series*. 2020. Vol. 1679. P. 042069.

2. Rogovskii I., Titova L., Novitskii A., Rebenko V. (2019) Research of vibroacoustic diagnostics of fuel system of engines of combine harvesters. Engineering for Rural Development. 18. pp. 291-298. <https://doi.org/10.22616/ERDev2019.18. N451>.

3. Rogovskii I. L. Models of formation of engineering management alternatives in methods of increasing grain production in agricultural enterprises. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2021. Vol. 12. No 1. P. 137-146. <http://dx.doi.org/10.31548/machenergy2021.01.137>.

4. Nazarenko I., Mishchuk Y., Mishchuk D., Ruchynskiy M., Rogovskii I., Mikhaïlova L., Titova L., Berezovyi M., Shatrov R. Determination of energy characteristics of material destruction in the crushing chamber of the vibration crusher. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2021. Vol. 4(7(112)). P. 41–49. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.239292>.

5. Rogovskii I., Titova L., Sivak I., Berezova L., Vyhovskyi A. (2022) Technological effectiveness of tillage unit with working bodies of parquet type in technologies of cultivation of grain crops. Engineering for Rural Development. 21. pp. 884-890. <https://doi.org/10.22616/ERDev.2022.21.TF279>.

УДК 631.331

## **АНАЛІЗ КОРОЗІЙНО-АКТИВНИХ КЛІМАТИЧНИХ ФАКТОРІВ ПІД ЧАС ЗБЕРІГАННЯ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ**

*Кузьмич І. М.*

*Національний університет біоресурсів та природокористування України*

До основних корозійно-активних кліматичних факторів відносяться: відносна вологість ( $W$ , %) та температура ( $T$ , °C) повітря, кількість опадів ( $b$ , мм), сонячна радіація (інсоляція, кВт·год/м<sup>2</sup>). Дослідження захисних покриттів на атмосферостійкість проводились у Жашків Черкаської області у 2018 – 2021 роках. Найменше опадів випадає у лютому, у середньому 18 мм, більше – у липні, у середньому 38 мм. Середня місячна температура повітря змінюється від «мінус» 12,8 °C у січні до «плюс» 22,6°C у липні (рис. 1).

Січень 2021 року на Жашківщині в цілому видався теплим та з надмірною кількістю опадів.

При цьому погода була нестійкою. Відмічались 3 періоди теплої та дуже теплої погоди, які чергувались з 2 періодами холодної, в окремі дні

дуже холодної погоди. Найбільш тепло було на початку та в кінці місяця, коли середньодобова температура була позитивною та вищою за норму на 2-6°. Найбільш холодно було 24-26.01 коли середньодобова температура становила 12-12.5° морозу, що нижче від норми на 8°.

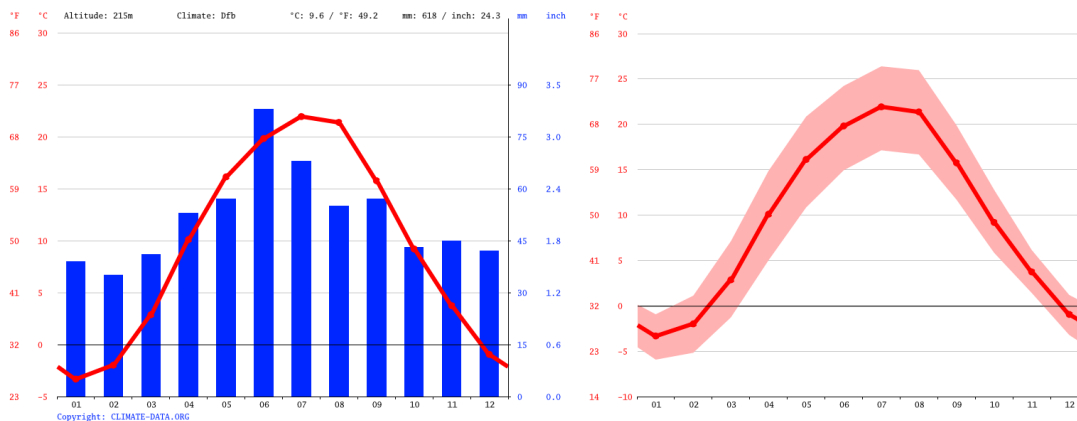


Рис. 1. Середня місячна температура повітря та кількість опадів *b*

В період 17-19.01 активні південні циклони засипали високим шаром снігу Умань та Уманський район. Проте, в останні дні місяця під впливом відлиги й туманів сніг майже зійшов з полів.

Температура. Середня температура повітря за місяць становила 3° морозу, що на 3° вище кліматичної норми.

Максимальна температура повітря, в найтепліший день місяця 7.01 і 30.01 підвищувалась до 7-8 тепла. Поверхня ґрунту 7.01 прогрівалась до 9°.

Мінімальна температура повітря, в найбільш холодну ніч місяця 25.01 знижувалась до 20° морозу. Поверхня снігового покриву охолоджувалась до 28° морозу.

Опади, спостерігались переважно у вигляді снігу. Їх загальна кількість за місяць становила 58,4 мм, що відповідає 124 % місячної норми. Добовий максимум опадів 18.01 становив 43,6 мм (93% від місячної норми).

Сніговий покрив, що сформувався 13 січня стійко залягав здебільшого до кінця місяця, однак його висота змінювалась. Найбільша висота за снігомірною рейкою на метеомайданчику відмічалась 19.01 – 48 см.

Ґрунт з кінця першої декади до кінця місяця був мерзлий. На кінець місяця глибина промерзання становила 11 см. Середня місячна відносна вологість повітря була високою і становила 85 %.

Вітер. Максимальна швидкість вітру впродовж 2-ох останніх днів посилювалась до небезпечних значень і становила 16 м/с. В решту днів максимальна швидкість вітру не перевищувала 9 м/с [1].

На підставі представлених середніх місячних даних визначено середні річні значення температури та вологості повітря, опадів. Середня річна температура повітря – плюс 9,6 °С, вологість повітря – 64%, рівень опадів – 618 мм.

Параметри кліматичних факторів впливають на швидкість корозії вуглецевих сталей та сталевих поверхонь сільськогосподарської техніки. У НУБіП України розроблено моделі [1-3], що встановлюють зв'язок між швидкістю атмосферної корозії вуглецевої сталі та параметрами клімату:

$$K_{K.T} = 0,78W + 1,22T - 52,68 \quad (1)$$

де  $K_{K.T}$  – швидкість атмосферної корозії вуглецевої сталі, мкм/рік;

$W$  – Середня річна відносна вологість, %;

$T$  – Середня річна температура, °C.

У формулі (1) швидкість атмосферної корозії показує спад товщини металу за 1 рік. Для розрахунку втрати маси металу за 1 рік [4] використовується формула:

$$K_{C.T} = 7,8 (0,78W + 1,22T - 52,68) \quad (2)$$

де 7,8 – коефіцієнт, що враховує щільність вуглецевої сталі;

$K_{C.T}$  – швидкість корозійних втрат маси сталі, г/(м<sup>2</sup>·рік).

На основі аналізу багаторічних даних щорічних температур, вологості повітря, рівня опадів та корозійних втрат вуглецевої сталі [5], обґрунтовано формулу для розрахунку швидкості атмосферної корозії сталі:

$$K_{C.T} = 11,51[SO_2]^{0,31} \cdot e^{[0,074(T-10)+0,026W]t^{0,54}} + 0,31b[H^+]t \quad (3)$$

де  $[SO_2]$  – забрудненість повітря діоксидом сірки  $[SO_2]=16,4$  мкг/м<sup>3</sup>;

$T$  – середня річна температура повітря,  $T=5,5$  °C;

$W$  – середня річна відносна вологість,  $W=84\%$ ;

$t$  – тривалість експозиції металу,  $t=1$  рік;

$b$  – рівень опадів,  $b=323$  мм/рік;

$[H^+]$  – концентрація іонів водню в опадах,  $[H^+]=10^{-5,65}$  г/моль.

За формулами (2) та (3) розраховані прогнозовані значення корозійних втрат вуглецевої сталі протягом 1 року у кліматичних умовах (Черкаська область). Результати розрахунку – у таблиці 1.

Таблиця 1

Прогнозовані корозійні втрати вуглецевої сталі у кліматичних умовах

| Розрахункова формула | Середні річні показники |                 |                        |                                        |
|----------------------|-------------------------|-----------------|------------------------|----------------------------------------|
|                      | Вологість, %            | Температура, °C | Рівень опадів, мкм/рік | Втрати металу, г/(м <sup>2</sup> ·рік) |
| (2)                  | 84                      | 5,5             | не враховує            | 30,8                                   |
| (3)                  | 84                      | 5,5             | 323                    | 103,2                                  |

За даними таблиці 1 прогнозовані втрати сталі від корозії становитимуть від 30,8 г/(м<sup>2</sup>·рік) – за формулою (4.2) до 103,2 г/(м<sup>2</sup>·рік) – за формулою (3).

Вологість і температура клімату руйнівні впливають як у метал, і на захисне покриття. Сонячна радіація, що містить ультрафіолетові промені, спричиняє деструкцію захисного покриття [51, 138]. Порівняно швидко

старіють під впливом ультрафіолетових променів масляні, нітроцелюлозні та бітумні покриття.

Результати досліджень вказують на підвищення атмосферостійкості бітумних покриттів зі збільшенням вмісту топкового мазуту М100. Ці результати послужили основою ширшого використання мазуту розробки рецептури консерваційного складу, відповідного умовам Черкаської області.

#### Список використаних джерел

1. Kuzmich I. M., Rogovskii I. L., Titova L. L., Nadtochiy O. V. Research of passage capacity of combine harvesters depending on agrobiological state of bread mass. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 677. P. 052002. <http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/677/5/052002>.

2. Kuzmich I. M., Rogovskii I. L. Engineering management of maintenance during storage of combine harvesters. TEKA. Journal of Agri-Food Industry. Rzeszow. Poland. 2021. Vol. 21, No 1. P. 53-60.

3. Кузьмич І. М., Роговський І. Л. Інженерний менеджмент безвідмовності зернозбиральних комбайнів за технології технічного обслуговування при зберіганні. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: механізація та автоматизація виробничих процесів. 2022. Вип. 1(47). С. 10-15. <https://doi.org/10.32845/msnau.2022.1.2>.

4. Rogovskii I. L. Titova L. L. Modeling the distribution of internal stresses in surface strengthened layer of steel parts after cementation and hardening. Journal of Physics: Conference Series. 2020. Vol. 1679. P. 042069.

5. Тітова Л. Л., Мажарівський Д. М., Надточій О. В., Дасіч П. Аспекти експертної системи інженерного менеджменту технічним станом зернозбиральних комбайнів. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2022. Vol. 13. No 1. P. 60-66. <http://dx.doi.org/10.31548/machenergy2022.01.060>.

УДК 631.331

### **PECULIARITIES OF DETERMINING PARAMETERS FOR TECHNICAL CONTROL OF TECHNICAL CONDITION PARAMETERS OF SELF-PROPELLED SPRAYERS**

*Liubchenko I. S.*

*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*

The self-propelled variable height crop sprayer was used in this research. The sprayer consisted of a mainframe [1], engine [2], hydraulic system [3], and spraying mechanism [4]. The frame material was mild steel (material grade SAE-

4130). The length and width of the mainframe were 2845 mm and 1017 mm, respectively [5]. The engine size of the sprayer was a 20-hp engine (model 2105D) [6]. The sprayer was equipped with a battery-operated hydraulic system (model 121613-08L), to control the up and down movement of the spray boom. The spray mechanism of the sprayer consisted of the liquid tank, pumps, boom, and nozzles. The liquid tank capacity was 300 L. There were four spray pumps (model BYT-7A111) with four filters (50-mesh size) in the sprayer to generate the maximum discharge of 22 L/min. The length of the horizontal boom was 6 m and there were eight hollow cone nozzles (ASJ- HC8002, Size 15×7 mm) at the spray boom [7]. The flow rate of the nozzle was 0.8 L/min at 3 bar pressure. The field experiments were carried out in the cotton crop, located at a research station (31°26'25" N, 73°04'13" E). The test was performed in August 2021. The crop characteristics such as plant height, plant to plant distance, row to row crop distance, and plant population were 60–70 cm, 20 cm, 60 cm, and 36,000 plant/acre, respectively. An area of 165 m×40 m was selected with crop in uniform height and growing ways, to reduce the effect of leaf area index on droplet coverage. To ensure the sprayer travels stably, water channels were removed from the field before the experiment. To ensure sampling uniformity, water-sensitive papers (WSPs) were fixed at the top of the plant canopy. The experimental area was divided into three blocks, 10 m buffer zones were provided between the blocks. Each block (165 m × 6 m) was divided into 17-plots (each for one trial). Each plot was a 5 m × 6 m area. In each plot, there were seven crop rows, among seven crop rows. WSPs were fixed at three crop rows (Row 1, Row 4, Row 7), and each row was 2.2 m apart (Fig. 1). In each row, two WSPs were fixed along the traveling direction, spaced by 5 m (Fig. 1). Therefore, there were six WSPs in each plot. To avoid drift pollution, a 5 m buffer zone was also provided between the plots. Each trial was repeated three times (3 blocks). The spray was started and stopped 5 m away from the trial plot to achieve the uniform spraying.

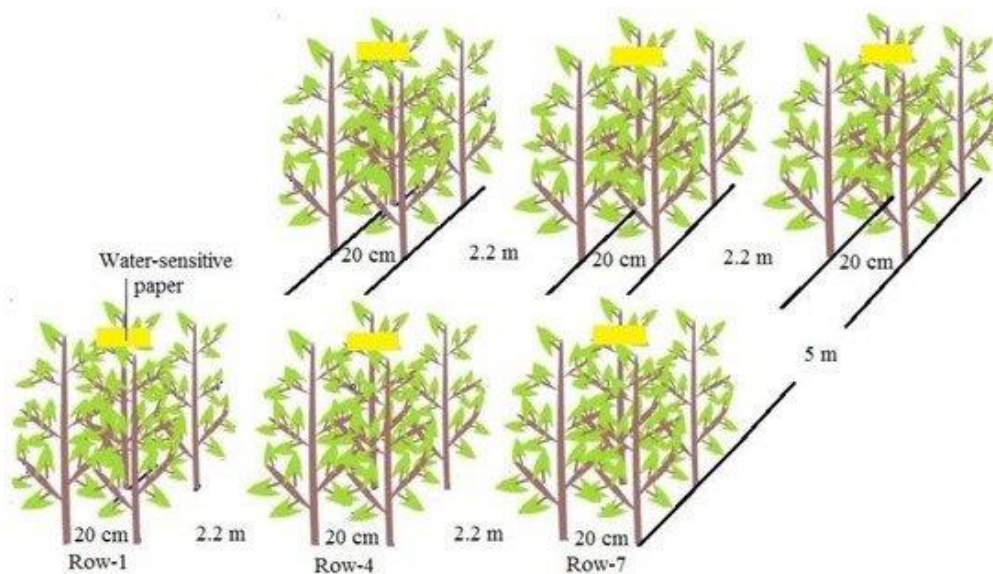


Fig. 1. Experimental plan for each plot.

In all spray trials, freshwater was used as a spraying liquid. The forward speed of the sprayer was calibrated manually using measuring tape and a stopwatch. The spray height above the plant canopy was controlled with a hydraulic system and measured with measuring tape before each trial. The spray pressure was regulated using a pressure regulation valve and measured with a pressure gauge. After nearly 30–40 s of spraying, WSPs at each plot were collected and stored in a separate labeled sealed bag, the label describing spray treatment, replication, and location information. Immediately after collection sampling bags were placed into a light-proof seal box and transported to the laboratory for analysis. In the laboratory, the WSPs were scanned using a 600-dpi scanner, and droplet deposits were analyzed Depositscan software.

Depositscan software was used to measure the droplet deposits in the digital image and analyzed the droplet density, coverage percentage, and VMD. When software starts, first open the ImageJ window then the user is required to scan the WSP. After scanning, the image is converted into an 8-bit grayscale image. In the next step, to activate the command “count black and white pixels” and select the area for analysis, the Analysis feature in ImageJ is used. The results are generated as the percentage area covered by the spots and the total number of spots. In the last step, the software calculates the droplet size such as DV1, DV5, and D9, DV1 indicates that 10% of the volume of spray is in droplets smaller than the expressed values, DV5 means that 50% of the volume of spray is in droplets either smaller or higher, DV9 reveals that 90% of the volume sprayed is in droplets smaller than the given values. A DV5 was used as VMD in this study. Regression models, including the studied parameter (forward speed, spray height, and spray pressure), were developed to predict the response variables (1)–(3). The experiment design and results, where run No. 8, 11, 12, 14, and 15 are for sets of center tests to estimate the experiment error and all other run No. are for factorial tests.

$$\text{Droplet density} = +181.22799 - 5.73083 X_1 - 1.94256 X_2 - 3.17500 X_3. \quad (1)$$

$$\text{Coverage percentage} = +142.35097 - 12.91750 X_1 - 1.76378 X_2 + 0.01315 X_2^2. \quad (2)$$

$$\text{VMD} = +333.54708 - 18.29958 X_1 - 1.34617 X_2 - 5.58542 X_3 + 0.836250 X_1^2. \quad (3)$$

In all the above equations,  $X_1$  is the forward speed in km/h,  $X_2$  is the spray height in cm, and  $X_3$  is the spray pressure in the bar. In this study, the RSM approach presented a change in the droplet density, coverage percentage, and VMD, caused by a change in forward speed, spray height, and spray pressure at the 3D surface with high accuracy as a graph containing many small pixels. The results conclude that the droplet density and coverage percentage decrease as speed and height increase and pressure decreases. The VMD decrease as speed and height increase. On the other hand, VMD increase in small fraction as pressure increases. The model data was accurate as  $R^2$  values were greater than 0.8 for droplet density, coverage percentage, and VMD. The optimized parameters were 6.5 km/h, 60 cm, 4 bar for fungicide application, and 8 km/h, 70 cm, 3 bar for insecticide and herbicide application. The predicted response variable values at the optimal conditions were 60.4 droplet/cm<sup>2</sup>, 27%, 230 μm for

fungicide and 37.8 droplet/cm<sup>2</sup>, 19.1%, 225.4 μm for insecticide and herbicide application. The actual response variable values at the optimal condition for insecticide and herbicide application were 41.35 ± 3.67 droplet/cm<sup>2</sup>, 21.10 ± 1.72%, 227.43 ± 1.22 μm, and the prediction error was 8.46%, 9.2%, and 0.9% for droplet density, coverage percentage, and VMD, respectively. Because prediction errors are less than ±10% so, the developed models can be considered reliable for experimental results. The RSM could be a suitable approach to study the optimal conditions. Optimization of spraying parameters is important to improve the effectiveness of spray while reducing spraying cost, application time, and spray losses to the environment. Furthermore, this study can provide support for further optimizing the parameters of the sprayer.

#### References

1. Rogovskii I., Titova L., Novitskii A., Rebenko V. (2019) Research of vibroacoustic diagnostics of fuel system of engines of combine harvesters. *Engineering for Rural Development*. 18. pp. 291-298. <https://doi.org/10.22616/ERDev2019.18.N451>.
2. Nazarenko I., Mishchuk Y., Mishchuk D., Ruchynskyi M., Rogovskii I., Mikhailova L., Titova L., Berezovyi M., Shatrov R. Determination of energy characteristics of material destruction in the crushing chamber of the vibration crusher. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2021. Vol. 4(7(112)). P. 41–49. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.239292>.
3. Rogovskii I., Titova L., Sivak I., Berezova L., Vyhovskyi A. (2022) Technological effectiveness of tillage unit with working bodies of parquet type in technologies of cultivation of grain crops. *Engineering for Rural Development*. 21. pp. 884-890. <https://doi.org/10.22616/ERDev.2022.21.TF279>.
4. Любченко І. С., Роговський І. Л. Аналітичні положення впливу повноти технічного контролю на безвідмовність самохідних обприскувачів. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: механізація та автоматизація виробничих процесів*. 2021. Вип. 1(43). С. 14-21. <https://doi.org/10.32845/msnau.2021.1.3>.
5. Liubchenko I. S., Rogovskii I. L. Safety measures in recovery of self-propelled sprayers. *OSHAgro – 2021. I Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, Україна, 30 вересня 2021 року: тези конференції*. Київ. 2021. С. 154-157.
6. Liubchenko I. S., Rogovskii I. L. System engineering of self-propelled sprayers of Ukraine. Actual problems of practice and science and methods of their solution. IV International Scientific and Practical Conference, Milan, Italy, January 28, February 2, 2022: conference abstracts. Milan. 2022. P. 588-594.
7. Lyubchenko I. S., Rogovskii I. L. Fuzzy system for evaluating the efficiency of self-propelled sprayers. *Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь. VIII Всеукраїнська науково-практична конференція. м. Житомир, Україна, 6 квітня 2022 року: тези конференції*. Житомир. 2022. С. 40-42.



УДК 631.331

## РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ РОЗПОДІЛУ ВРОЖАЙНОСТІ ЗЕРНА ТА СОЛОМИ ПО ПОЛЮ ПРИ ПРЯМОМУ КОМБАЙНУВАННІ

*Роговський І. Л.*

*Національний університет біоресурсів та природокористування України*

До збирання врожаю необхідно готуватись заздалегідь [1]. Для правильного визначення термінів жнив слід залучити фахівців (агроінженерів), які здатні правильно встановити стан дозрівання [2]. Необхідно організувати спеціальну службу, яка має оперативно оцінювати ефективність збирання врожаю, здійснювати оперативний контроль та у разі потреби моментально вносити коригування [3]. Очолювати її має досвідчений агроном. Не варто заощаджувати на залученні техніків-механіків. На них лежить важливий тягар щодо підготовки комбайнів та інших збиральних установок до безперебійної роботи до кінця збирання врожаю [4]. Важливо визначити дійсний стан збиральних машин, знати їх слабкі місця та потенційні несправності. Мати запас запчастин для швидкого ремонту [5]. Зрозуміло, знадобляться і досвідчені комбайнери [6]. А також інший персонал, який задіяний в цьому процесі [7].

Збирання зернових – комплексний процес, який є не лише безпосереднім збиранням урожаю. Крім цього, сюди входить велика попередня робота, а також комплекс заходів після збирання культури. Перший момент раніше згадувався [4]. Що стосується другого, це так звана доробка врожаю, що являє собою прийом, тимчасове зберігання, сушіння (при необхідності попереднє очищення) та закладку для постійного зберігання. Крім того, не можна забувати і про збирання соломи. На рис. 1 представлено графік зміни врожайності зерна та соломи за довжиною поля.

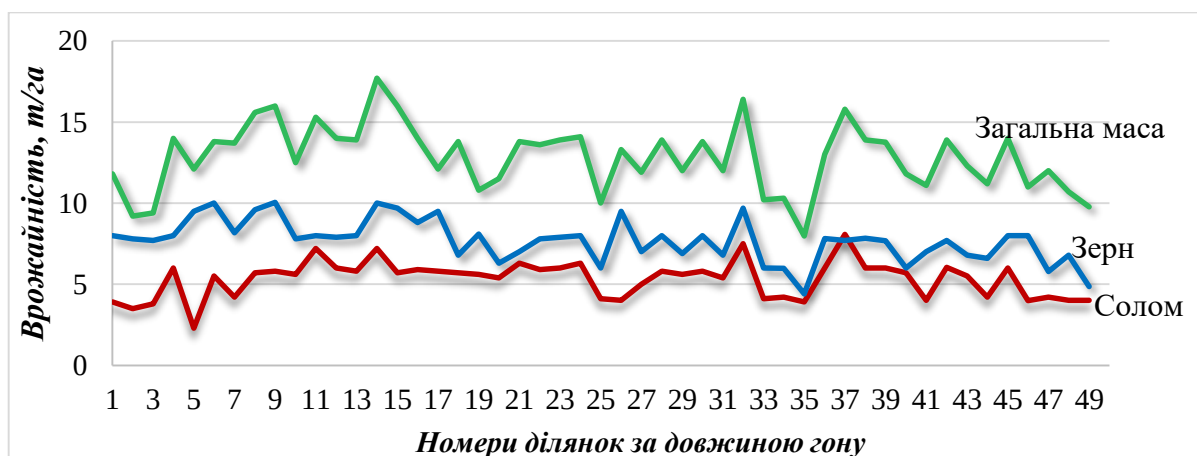


Рис. 1. Динаміка розподілу врожайності по довжині гону (культура – пшениця, поле 3, права колія).

Аналіз графіку показує, що обрані обліку поля мають різну врожайність хлібної маси, як у пшениці, і по ячменю. Відповідно пшеничні поля №3 та №12 – 7,4 т/га та 6,1 т/га, а під ячменем – №6 та №14 – 6,1 т/га та 4,4 т/га. Коефіцієнт варіації врожайності зерна пшениці при врожайності 7,4 т/га вище, ніж за врожайності 6,1 т/га – 14,3% проти 13,0, відповідно і коефіцієнт варіації менше – 22,1 проти 24,9%.

Статистичні характеристики розподілу:

- для зерна:  $x_{cp} = 7,6$ ;  $\sigma = 1,2$ ;  $V = 16,8$ ;  $\Delta = 4,2-10,2$ .
- для соломи:  $x_{cp} = 5,2$ ;  $\sigma = 1,2$ ;  $V = 22,6$ ;  $\Delta = 2,4-8$ .
- для загальної маси:  $x_{cp} = 12,8$ ;  $\sigma = 2$ ;  $V = 15,7$ ;  $\Delta = 7,8-17,3$ .

Список використаних джерел

1. Роговський І. Л. Концептуальні вихідні положення обґрунтування оптимального типорозмірного ряду та типу зернозбиральних комбайнів. Рациональне використання енергії в техніці. TechEnergy 2022. XVIII Міжнародна наукова конференція. м. Київ, Україна, 17-19 травня 2022 року: тези конференції. Київ. 2022. С. 193-198.

2. Rogovskii I. L. Mobile kit for determination of grain losses of direct combination. Крамаровські читання. IX Міжнародна науково-технічна конференція. м. Київ, Україна, 24-25 лютого 2022 року: тези конференції. Київ. 2022. С. 219-221.

3. Rogovskii I. L. Factors affecting grain loss during combine harvesting. Інноваційні технології вирощування, зберігання і переробки продукції садівництва та рослинництва. VIII Міжнародна науково-практична конференція. м. Умань, Україна, 16–17 червня 2022 року: тези конференції. Умань. 2022. С. 31-33.

4. Роговський І. Л. Концептуальні положення методики обґрунтування типорозмірного ряду зернозбиральної техніки. I Міжнародної науково-практичної конференції «HSEAgro – 2022». 8-9 лютого 2021 року. Київ. 2022. С. 33-39.

5. Роговський І. Л. Методичні положення обґрунтування типорозмірного ряду зернозбиральної техніки. Капіталізація аграрних підприємств та їх інвестиційне забезпечення. Всеукраїнська науково-практична конференція. м. Київ, Україна, 8 вересня 2022 року: тези конференції. Київ. 2022. С. 159-164.

6. Rogovskii I. L. Engineering management of forecasting the timing of combine harvesting and possible losses of grain crops. ТЕКА. Semi-Annual Journal of Agri-Food Industry. 2021. Vol. 21(2). P. 58-63.

7. Rogovskii I. L. Models of formation of engineering management alternatives in methods of increasing grain production in agricultural enterprises. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2021. Vol. 12. No 1. P. 137-146. <http://dx.doi.org/10.31548/machenergy2021.01.137>.

УДК 631.358:62

## ВІДНОВЛЕННЯ ЛАНОК ГУСЕНИЦЬ ТА ВЕДУЧИХ КОЛІС ТРАКТОРІВ ХТЗ КЛАСУ ТЯГИ 30 КН

*Лисковець В. Р., Сиволапов В. А.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Спосіб ремонту та відновлення ланок гусениць залежить від конкретних умов ремонтного підприємства і програми ремонту [1, 3].

Суть методу відновлення ланок гусениць полягає в наступному. У стінках вушок ланки з боку найбільшого зносу пропалюють технологічні отвори діаметром 10...12 мм. Пропал отворів рекомендується проводити повітряно-дуговим способом на постійному струмі прямої полярності величиною 150 ... 200 А (на один електрод), напругою 30 ... 35 В. В якості електродів застосовують вугілля кінопроекційне КП 9-90 або КП 10-120 ГОСТ 8538-75. Швидкість подачі дроту 0,12 ... 0,24 м / хв, тиск повітря (2,9 ... 3,9) · 10<sup>5</sup> Н/м<sup>2</sup>. Витрата стисненого повітря 40 м<sup>3</sup>/год. Витрата вугілля 0,005 кг на одну ланку (8 отворів).

Після пропалу в вушка ланки вставляють технологічні оправлення (стрижні). Діаметр оправки повинен бути на 0,2 ... 0,4 мм більше діаметра отвору проушини, який необхідно отримати після її відновлення. Торці проушин ущільнюють металевими шайбами. Зазор між шайбою і вушком не повинен перевищувати 2 мм. Для заливки ланку встановлюють вушками, що заливаються вертикально вгору.

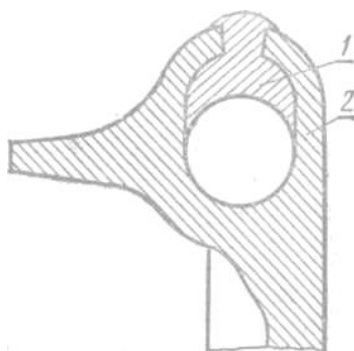


Рис. 1. Схема відновлення вушка: 1 – вкладиш, 2 - стінка вушка.

Порцію рідкого металу отримують розплавленням мірної заготовки струмами високої частоти (66 кГц) в багатовитковому індукторі (висота індуктора 70...90 мм, крок навивки 12...13 мм, внутрішній діаметр 30...34 мм) в спеціальних вогнетривких тиглях.

Метал в міру розплавлення і нагріву до температури розливки з зливного отвору тигля заливають в вушко.

Мірні заготовки виготовляють у вигляді прутків діаметром 12...14 мм, довжиною 60...70 мм із сталі марок 45 або 50 ГОСТ 1050-74. Мірні заготовки повинні мати рівні торці без вм'ятин і задирок.

Допускається заливка металу з індукційних плавильних печей розливної ложкою. Для заливки застосовують сталь марок 45Л, 50Л, 55Л або 70Л ГОСТ 977-85.

Твердість відлитих вкладишів (рис. 1) на поверхні, прилегаючою до пальця, на відстані 10 мм від торця вушка повинна становити HRC 28...40. Метал залитих вкладишів повинен мати хімічний склад відповідно до ГОСТ 977-85.

Відновлення ланок гусениць проводять за допомогою пластичної деформації [1, 2]. Технологічний процес відновлення включає наступні операції: очищення і дефектацію ланок, термомеханічну обробку (нагрів-обробку тиском-загартування) і збірку гусениць [1, 2].

Ланки очищають в галтувальному барабані. При галтуванні видаляються з поверхні ланок бруд і іржа і виявляються тріщини. Ланки очищають партіями по 60 шт., Час обробки 40 хв. Дефектують ланки за допомогою калібрів і шаблонів.

Нагрівають ланки в соляній електродній печі в два етапи: спочатку їх підігрівають до 350...400° С, потім витримують 5 хв в розплаві солі (хлористого барію), нагрітої до 1000...1050° С.

Нагріту ланку подають в секційний штамп з регульованим робочим об'ємом кожної секції. Штамп працює від 12-позиційного гідравлічного агрегатного преса із загальним зусиллям на шпинделі 60 МН. Час гарячої деформації ланки в штампі 5...6 с.

Гартують ланки в холодній проточній воді в гартувальній ванні. Після гарту ланки збирають в гусеницю.

Спосіб відновлення ведучих коліс полягає в тому, що зношений вінець ведучого колеса обрізають на автоматі газокисневого різання АСШ-70, а на його місце приварюють виготовлені компенсаційні елементи, що утворюють новий вінець.

Режими машинної газокисневого різання:

|                                            |         |
|--------------------------------------------|---------|
| швидкість різання, м / год .....           | 20      |
| витрата кисню, м <sup>3</sup> / год .....  | 2.... 3 |
| витрата пропану, м <sup>3</sup> / год..... | 0,9     |
| тиск кисню, МПа.....                       | 0,5     |
| тиск пропану, МПа .....                    | 0,07    |

Машина забезпечує точність різання з відхиленнями 0,3...0,5 мм, чистоту різку.

Компенсаційні елементи виготовляють з гнучкою сталеві штаби марки 45 розміром 18\*45\*230 мм або 10\*45\*230 мм в спеціальному штампі. Частина ведучих коліс (до 20%), що надходять на відновлення, має знос

обода вінця менше 8 мм. Ці колеса відновлюють приварюванням елементів товщиною 10 мм, відповідно зменшивши величину зрізаного вінця.

Ведуче колесо після обрізки збирають разом з елементами в кондукторі-маніпуляторі. Зібраний виріб зварюють дротом марки Св-08 (рис. 2) під шаром флюсу АН-384А або ОСЦ-45, на флюсовій подушці струмом зворотної полярності.

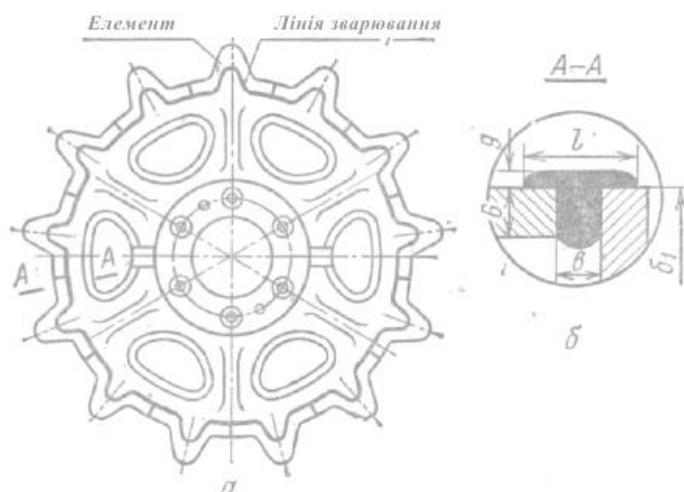


Рис. 2. Схема зварювання вінця ведучих коліс: а – конфігурація зварювання; б – поперечний переріз зварного шва.

Режими автоматичного зварювання:

|                                                   |             |
|---------------------------------------------------|-------------|
| швидкість зварювання, м / год.....                | 27          |
| сила зварювального струму, А .....                | 400 ... 550 |
| напруга дуги, В .....                             | 35 ... 40   |
| діаметр електрода, мм.....                        | 3           |
| число електродів.....                             | 1           |
| швидкість подачі електродного дроту, м / хв ..... | 5           |
| витрата флюсу на один виріб, кг .....             | 2.          |

Отвори під вал ведучого колеса відновлюють наплавленням в середовищі  $\text{CO}_2$  на установці ОКС-11232.

Вінець ведучого колеса гартують на високочастотній індукційній установці.

#### Список літературних джерел

1. Сідашенко О.І. Ремонт машин та обладнання: Підручник / [Сідашенко О.І. та ін.]; За ред. проф. О.І. Сідашенка, О.А. Науменка. К.: Агроосвіта, 2014. 665 С.
2. Новицький А. В., Карабиньш С. С., Ружи́ло З. В. Організація сервісного виробництва. Навчальний посібник. К.: НУБіН України, 2017. 220 с.

УДК 631.358:62

## ОСНОВНІ ДЕФЕКТИ БЛОК-КАРТЕРА ДВИГУНА ЯМЗ-238

*Нуані Сайнт Іфілс Флері, Сиволапов В. А.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Блок двигуна. Основними дефектами блок-картера є тріщини, жолоблення поверхонь прилягання головок циліндрів, верхньої кришки, передньої кришки і щита, порушення герметичності водяної оболонки, масляної системи, пошкодження різьби, спрацювання поверхонь [1, 2, 4].

Після огляду та випробування на герметичність (під тиском 0,2...0,4 МПа протягом 5 хв) вимірюють і оцінюють точність геометричних форм поверхонь блок-картера. Герметичність систем перевіряють на спеціальних стендах, а відповідність розмірів та форми елементів – універсальними вимірювальними засобами. Особливістю дефектування блок-картера двигунів є необхідність посиленого контролю взаємного розміщення їх робочих (несучих) поверхонь. Технічними умовами передбачається контроль стану виточок під бурти гільз у блок-картері, співвісність отворів під коріні підшипники колінчастого та розподільного валів, жолоблення верхньої площини, паралельність опорних поверхонь під гільзи циліндрів до осі колінчастого вала.

Спосіб ремонту та відновлення блок-картера залежить від конкретних умов ремонтного підприємства і величини пошкодження [3].

Картер маховика. Величина жолоблення поверхонь прилягання до щита та корпусу муфти зчеплення не повинна перевищувати 0,08 мм.

Спрацювання отворів під стакан, корпус редуктора та втулку підшипника редуктора допускається до діаметрів відповідно 90,06; 162,13 і 100,11 мм.

Жолоблення поверхні прилягання кришки до блок-картера усувають шліфуванням. Величина допустимого жолоблення не повина перевищувати 0,2 мм. Спрацювання отворів під установочні штифти кришки допускається до діаметра 14,07 мм.

Під час роботи двигуна при наявності зносу гнізд або деформації блоку колінчастий вал відчуває додаткову пружну деформацію, яка може привести до заклинювання його в підшипниках або до поломки. Тому необхідно в усіх блоків перевіряти знос гнізд і їх соосне розташування. При зносі або порушенні співвісності гнізд на величину більше 0,03 мм (тракторні двигуни) або 0,02 мм (автомобільні) блоки піддаються відновленню.

Зношені поверхні гнізд та їх співвісність відновлюють розточенням в лінію зі зміщенням осі, попередньо обробивши площини роз'єму кришок коріних підшипників.

Відновлюють співвісність і шляхом розточування гнізд на збільшені ремонтні розміри (через 0,25 мм) з постановкою вкладишів збільшеного зовнішнього діаметра.

Можна відновити зношені поверхні отворів під вкладиші, наносячи на них склади на основі епоксидних смол. Як наповнювач застосовують порошки, що добре проводять тепло (сталі, алюмінієві). Після затвердіння складу гнізда розточують під нормальний розмір.

Після відновлення гнізд слід обов'язково перевірити правильність положення деталей, які кріпляться на задній і передній площинах блоку (задня балка, кожух маховика, картер зчеплення, кожух шестерень розподілу), щодо нової осі гнізд і при необхідності провести центрування цих деталей на блоці.

Тріщини у водяній сорочці і картері залежно від їх місцеположення можуть бути заварені електрозварюванням сталевими електродами з дроту Св-08 або електродами ЦЧ-4 способом відпалюючих валиків з попередньою постановкою штифтів або електродами монелевими, біметалічними ОЗЧ-1 діаметром 4 мм.

Пробоїни на стінках водяної сорочки або бічний стінці картера, що не проходять через оброблені площини, відновлюють постановкою латки товщиною 3 мм на болтах М6 з картоною прокладкою, змащених суриком або білилами, або приварюванням латки з листової сталі товщиною 2,6...3 мм з відбортовкою її по краях на 4...5 мм.

Для забезпечення герметичності латку замазують епоксидною смолою. При зламі фланців їх приварюють, попередньо закріплюючи відламану частина болтами або струбциною на сопрягаємій деталі.

Тріщини в перемичках між отворами під гільзи відновлюють приваркою накладки на перемичку. Перемичку попередньо обробляють, а потім заварюють тріщину на ребрах жорсткості з встановленням зміцнюючих штифтів (рис. 1.).

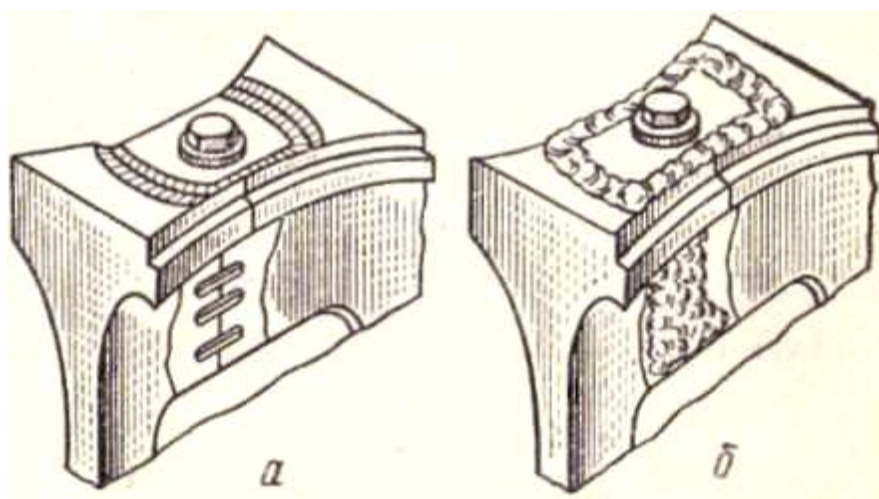


Рис. 1. Підготовка тріщини в перемичці між циліндрами до заварки (а) і перемичка після заварки (б).

При зносі і зриві різьби в отворах цей дефект усувають постановкою різьбових перехідних втулок, дротяних вставок або східчастих шпильок з різьбою збільшеного розміру.

Шпильки, поставлені в блок, повинні бути вкручені до відмови й не мати люфту, розташовуватися перпендикулярно площині і мати нормальну величину виступання.

Неперпендикулярність шпильок кріплення головки блоку повинна бути не більше 0,5 мм (на довжині шпильки).

Виступання поверхні блоку близько шпильок (витягування різьблення) або викривлення поверхні, що сполучається з головкою блоку, перевіряють лінійкою зі щупом як у поздовжньому, так і в поперечному напрямку. Допускається викривлення не більше 0,15 мм. При більшому коробленні шпильки вивертають і шабрують площини або проводять механічну обробку (фрезерування або площинне шліфування). Після шабрування або обробки поверхні блоку величина виступня гільз повинна бути для всіх марок двигунів дорівнює 0,04...0,20 мм при різниці між ними для одного блоку не більше 0,05 мм. При меншій виступання можливі прогорання прокладок і просочування води. У разі виступання гільзи менше 0,04 мм під її поясик підкладають кільце з листової латуні.

Опорна поверхня паска у блоці під гільзу з плином часу стає непаралельною площині роз'єму блоку, і гільза при установці перекошується. Визначають цю непаралельність виміром висоти виточки під гільзу в блоці, і якщо ця непаралельність більше 0,05 мм, то протачують поверхню на розточувальних або свердлильних верстатах, застосовуючи багаторізові оправки або просто різець. Збільшення висоти виточки компенсують при складанні постановкою під гільзу кільця, виготовленого штампуванням з мідного дроту.

#### Список літературних джерел

1. Воловик Е.Л. Справочник по восстановлению деталей. К.: "Колос", 1981. 351 С.
2. Сідашенко О.І. Ремонт машин та обладнання: Підручник / [Сідашенко О.І. та ін.]; За ред. проф. О.І. Сідашенка, О.А. Науменка. К.: Агроосвіта, 2014. 665 С.
3. Новицький А. В., Карабиньох С. С., Ружило З. В. Організація сервісного виробництва. Навчальний посібник. К.: НУБіН України, 2017 р. 220 с.
4. Дослідження процесу теплопередачі в циліндрах двигуна внутрішнього згоряння / В. А. Сиволапов, А. В. Новицький, В. С. Хмельовський, О. М. Бистрий // Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки : зб. наук. пр. Кропивницький : ЦНТУ, 2020. Вип. 3 (34). С. 266-274.



УДК 631.358:62

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ПОШКОДЖЕНЬ ТА ВІДНОВЛЕННЯ РАМ ТРЕЛЮВАЛЬНИХ ТРАКТОРІВ ЛТ-171**

*Попович К. А., Сиволапов В. А.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

На щільних ґрунтах та в снігу глибиною до 1 метра успішно працюють трелювальні трактори ЛТ-171, створені на базі колісного трактора Т-157. Підїхавши заднім ходом до пачки, тракторист розкриває кліщі гідрокеруємого захвату, стискає кінці дерев та трелює в полупідвішеному положенні пачку об'ємом 6 кубометрів.

Трелювальний трактор ЛТ-171 призначений для бесчокерного трелювання хлестів (дерев) в змішаних деревостанах із середнім об'ємом хлеста 0,5...0,75 м<sup>3</sup> в умовах рівнинної і горбистої місцевості. Він може експлуатуватися на тривалих підйомах або спусках при максимальному куті до 14°.

Рама служить остовом трактора і призначена для монтажу на ній всіх вузлів та агрегатів.

Рама – швелерна клепана, складається з двох частин – передньої і задньої, з'єднаних між собою подвійним шарніром. Вертикальний шарнір забезпечує взаємний поворот піврам у горизонтальній площині вправо і вліво на 30°. Навколо горизонтального шарніра піврами можуть прокручуватись у вертикальній площині на 15° вгору і вниз.

Раму трактора ЛТ-171 розбираємо на стенді-кантувачі і спеціальних підставках. Спочатку роз'єднують на стенді передню та задню частини рами, попередньо знявши підсилювач опори шарніра і вийнявши осі вертикального шарніра. Потім розбирають задню частину рами. При цьому знімають бугель задньої опори, виймають півкільця фіксації труби горизонтального шарніра, роз'єднують передню і задню опори шарніра, знімають хомутик ущільнення горизонтального шарніра, проставочне кільце та шайби, виймають трубу горизонтального шарніра з проміжною опорою задньої карданної передачі, знімають кутник кронштейнів редуктора ВВП і випресовують штифти фіксації верхньої осі начіпного механізму. Потім знімають з корпусу шарніра поворотні важелі кріплення силових циліндрів і слідкуючої тяги. Втулки горизонтального шарніра випресовують на пресі ГАРО-2135-1 з використанням спеціального пристрою ОР-6305 (рис. 1).

Оскільки в процесі роботи рама трелювального трактора ЛТ-171 отримує значні навантаження, в ній можуть виникати пошкодження.

Основні дефекти деталей рами – спрацювання, тріщини швелерів, поперечних брусів і кронштейнів, ослаблення заклепок, посадок втулок горизонтального шарніра дефектоскопії [1, 2].

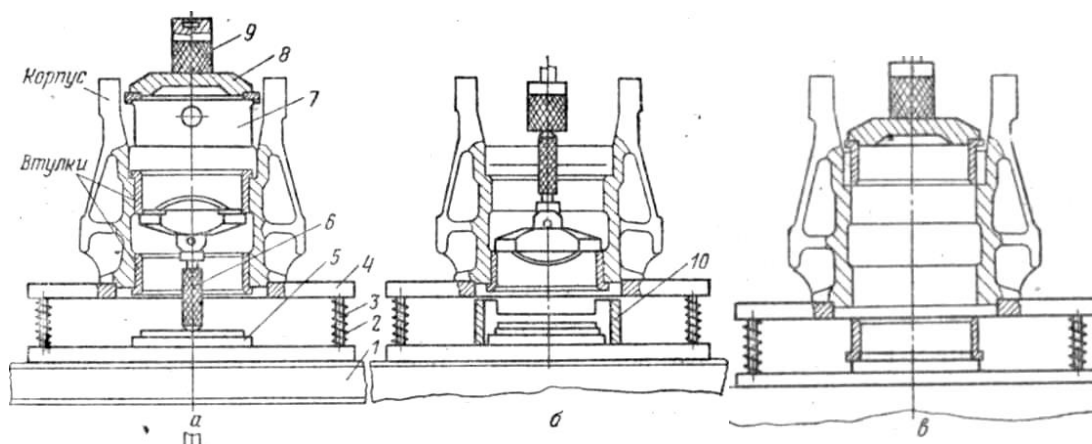


Рис. 1. Положення пристосування ОР-6305 при випресовуванні і запресовуванні втулок горизонтального шарніра: а – випресовування верхньої втулки; б – випресовування нижньої втулки; в – запресовування втулок: 1 – основа; 2 – пружина; 3 – штанга; 4 – плита; 5 – фіксатор; 6 – оправка; 7, 8 і 9 – наставки; 10 – підставка.

Наявність тріщин визначають зовнішнім оглядом, а також використовуючи метод магнітної дефектоскопії [1, 2].

При наявності тріщин на полицях, які не виходять на стінку, крім заварювання тріщини, встановлюють сталю смугу товщиною 7...8 мм, яку приварюють тільки поздовжніми швами. Якщо тріщина виходить на стінку швелера, то, крім заварювання самої тріщини, на пошкоджене місце з внутрішнього боку необхідно встановити коробку і приварити її тільки поздовжніми швами; якщо тріщина проходить за середину стінки швелера, необхідно замінити лонжерон. Раму ремонтують при наявності не більше двох тріщин до середини лонжерона. В разі деформації лонжеронів їх виправляють за допомогою гвинтових або гідравлічних розпірок, стяжок тощо. Розібрані елементи рами виправляють у холодному стані під 100-тонним пресом ПБ-002. Для випрямлення з нагріванням до температури 500...600° С використовують 40- і навіть 20-тонні преси.

Неплотинність поверхонь швелерів у місцях кріплення кронштейнів не повинна перевищувати 0,5 мм, в інших місцях – 1,5 мм, а неперпендикулярність нижньої і верхньої полиць до вертикальної стінки швелера – 1 мм по всій довжині і в місцях кріплення поперечних брусів – 0,5 мм.

У заклепок, які ослабли, головки знімають ручним чи пневматичним зубилом або ж полум'ям газового пальника. Старі заклепки видаляють, а на їх місце ставлять нові. Перед встановленням в отвори заклепки нагрівають до температури 830...900° С (світло-червоний колір). Для клепаання використовують гідравлічні лещата.

Складання рами трелювального трактора ЛТ-171 слід виконувати у відповідності до технічних вимог на капітальний ремонт шасі. Головною умовою якісного ремонту рами є комплектування деталей відповідно вимог монтажних спряжень в з'єднаннях дефектоскопії [2, 3].

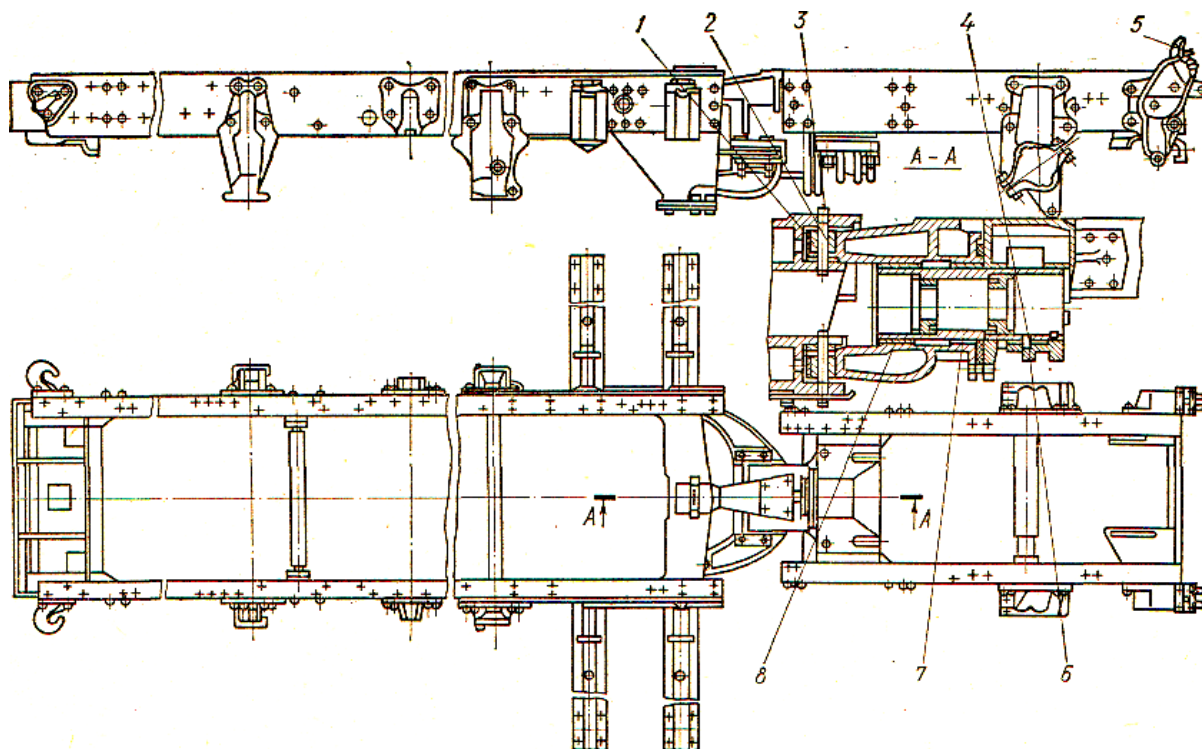


Рис. 2. Допустимі зазори (+) і натяги (—) в з'єднаннях під час ремонту рами трелювального трактора ЛТ-171(мм): 1 – корпус-втулка -0,02; 2 – втулка-вісь +1,30; 3 – опора-вісь +0,40; 4 – труба-штифт +0,50; 5 – кронштейн-штифт -0,01; 6 – бугель-штифт +0,01; 7 – втулка-труба +2,5; 8 – корпус-втулка -0,02.

Використання результатів представлених досліджень дозволять підвищити споживчі якості відновлених складальних одиниць та надійність в експлуатації, зможуть покращити показники довговічності та ремонтпридатності [4].

#### Список літературних джерел

1. Воловик Е.Л. Справочник по восстановлению деталей. К.: "Колос", 1981. – 351 С.
2. Сідашенко О.І. Ремонт машин та обладнання: Підручник / [Сідашенко О.І. та ін.]; За ред. проф. О.І. Сідашенка, О.А. Науменка. К.: Агроосвіта, 2014. 665 С.
3. Новицький А. В., Карабиньох С. С., Ружи́ло З. В. Організація сервісного виробництва. Навчальний посібник. К.: НУБІН України, 2017 р. 220 с.

4. Ружи́ло З. В., Нови́цький А. В. Огляд теоретичних досліджень надійного функціонування систем «ЛМС» під впливом технічного обслуговування і ремонту. Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. Харків. 2016, Вип. 2. С. 223–231.

УДК 621.919.2

## **СУЧАСНІ РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ТА ВІДНОВЛЕННЯ ВИКОНАВЧИХ ОРГАНІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН**

*Паладійчук Ю. Б., Телятник І. А.*

*Вінницький національний аграрний університет*

Постановка проблеми. Для виконання широкого спектру службових функцій в автомобілях, тракторах, сільськогосподарських та будівельно-дорожніх машинах служать гідравлічні системи. Основними виконавчими органами останніх є швидкодіючі силові гідроциліндри діаметром 20..160 мм, які працюють під тиском робочої рідини 10...25 МПа і мають довжину 250...2500 мм [1].

Високі службові характеристики гідроциліндрів, зокрема надійність, довговічність, швидкодія та нормативне робоче зусилля, а також унеможливлення або зменшення до допустимого мінімуму перетічок стисненої рідини з порожнини, що знаходиться під високим тиском, до порожнини з низьким, тиском, забезпечуються, головним чином, технологічними методами, тобто при виготовлення чи ремонті відповідальних деталей, зокрема гільз. При цьому процеси обробки останніх повинні гарантувати точність отвору по допустимих відхиленнях від прямолінійності його осі та некрутості, необхідну шорсткість робочої поверхні та сприятливе орієнтування рисок макрорельєфу. Перші три вимоги забезпечуються відомими прогресивними технологічними процесами, заснованими на деформуючому та ріжучому протягуванні [1,2].

Мета дослідження. Визначення ресурсозберігаючих технологій виробництва та відновлення виконавчих органів сільськогосподарських машин.

Основні результати дослідження. Дослідження, що мали на меті подальший розвиток процесів заснованими на деформуючому та ріжучому протягуванні, дозволили розширити можливості технологій обробки глибоких отворів гільз в напрямку ресурсозбереження, в першу чергу, зниження трудомісткості обробки та підвищення коефіцієнта використання металу (КВМ), а також в напрямку покращення геометричних та фізико-

механічних властивостей поверхні: створення регулярних мікро- та макрорельєфу із заданими характеристиками, зміцнення поверхневого шару холодною пластичною деформацією, формування сприятливих залишкових напружень. Запропоновані на базі проведених досліджень ефективні ресурсозберігаючі технології [3] включають операції чорнового деформуєчого протягування зі значною роздачею отвору «чорної» трубної заготовки (на 5...10%), ріжучого протягування з припусками 0,1...0,5 мм на сторону, призначеного для видалення дефектного шару металу, чистової розточки головкою з плаваючими ножами, розкатки кульками чи роликками. В процесі ремонту гільз, що при експлуатації вийшли за межі поля допуску отвору, передбачено редуціювання [3, 4].

Результати дослідження дозволили визначити наступне. Запропоновані ресурсозберігаючі технології підвищують КВМ до 0,9...0,95, а в окремих випадках – до 0,98, за рахунок зведення механічної обробки фактично лише до видалення дефектного шару металургійного походження товщиною 0,1...0,5 мм. Трудомісткість обробки суттєво знижується за рахунок поєднання операцій. Так, всі операції протягування можуть бути виконанні за один робочий хід комбінованої деформуєче-ріжучої протяжки, тобто звестися в одну операцію. Операції чистової розточки і розкатки також слід поєднати в одну операцію, що виконується за кінетичною схемою токарної обробки комбінованою ріжуче-деформуєчою головкою. Швидкості і подачі цих різномірних операцій повинні бути рівними між собою і близькими до оптимальних для кожного з процесів. Операція редуціювання, яка потрібна для при ремонті гільз, також може бути поєднана з операцією комбінованого протягування і виконуватись разом з нею за один робочий хід зі швидкістю 0,1... 0,25 м/с [4].

Створення сприятливого регулярного мікрорельєфу на робочій поверхні забезпечується за рахунок поєднання поздовжніх рисок, паралельних твірній отвору і характерних для протягування, з поперечними хвилями, що формують при розкатці. Розмірами елементів мікрорельєфу можна управляти, змінюючи подачу розкатками та створюючи на чистових робочих елементах систему поздовжніх мікроканалів. В процесі дослідження запропоновано запровадити нову експлуатаційну характеристику робочих поверхонь – регулярний макрорельєф, що формується додатковими робочими елементами комбінованої протяжки (деформуєчими або ріжучими), які працюють за принципом самообертання і розміщенні між чорною і чистовою частиною останньої [5].

Ці елементи мають профіль контурних гвинтових каналів (ліво- та правозаходної). Дослідженнями встановлені такі межі характеристик макропрофілю: глибина контурних каналів – 0,005...5 мм; профіль каналів в нормальному перерізі – трикутник з кутом при вершині 60...120°; тип елемента – чотирикутник; відносна опорна площа – 80...90%; кут нахилу

сторони елемента -  $15^{\circ}\dots 80^{\circ}$ . Призначення макропрофілю може бути подвійним: примусовий поділ зрізуваного протяжкою припуску у випадку виготовлення деталей з глибокими точними отворами; створення системи каналів функціонального призначення, що сполучаються між собою, наприклад, для надійного ущільнення штока і гільзі при зупинках гідроциліндра чи строгої фіксації штока у визначеному положенні. Дослідженнями було встановлено, що в результаті сумісної дії всіх робочих органів комбінованих інструментів метал серцевини деталі зміцнюється на 40... 50%; а поверхневий шар товщиною 0,03...0,05 мм отримує додаткове зміцнення на 50...60% і стикуючі залишкові напруження [5].

Висновок. Дослідження дозволили розробити рекомендації щодо конструктивних параметрів комбінованих інструментів. Зокрема, з метою підвищення міцності та стійкості деформуючих елементів та волок-матриць профіль їх робочої частини слід виконувати не загальноприйнятими конічним, а законом розподілу контактних напружень в зоні пружно-пластичного деформування.

#### Список використаних джерел

1. Іванов Ю.М., Паладійчук Ю.Б. Сучасні ресурсозберігаючі технології виробництва та ремонту виконавчих органів гідросистем автомобілів і тракторів. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. 1999. Вип. 28. С. 286-289

2. Посвятенко Е.К., Паладійчук Ю.Б. Основи розрахунку протяжок для отримання гвинтових технологічних канавок. Резание и инструмент в технологических системах. 1999. Вип. 54. С. 206-210.

3. Паладійчук Ю.Б., Швець Л.В., Кондратюк Д.Г. Обробка глибоких отворів комбінованою протяжкою. Техніка, енергетика, транспорт АПК. 2019. № 2 (105). С. 86-92.

4. Paladiychuk Yu. Forming of makrorelief is at reaching of internal surfaces of cylinder purveyance of power hydrocylinders. Modern engineering and innovative technologies. Issue 10. Part 1. P. 74-79.

5. Паладійчук Ю.Б., Кордонський В.А. Обґрунтування механіки руйнування стружки при протягуванні циліндричних поверхонь з припуском. Вібрації в техніці та технологіях. 2020. № 4 (99). С. 73-84.

УДК 621.919.2

## **ОСОБЛИВОСТІ МЕХАНІКИ ПРОТЯГУВАННЯ ВНУТРІШНІХ ПОВЕРХОНЬ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ ТА ВІДНОВЛЕННІ ПОРОЖНИСТИХ ДЕТАЛЕЙ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ**

*Телятник І. А.*

*Вінницький національний аграрний університет*

Постановка проблеми. Отримання отворів, особливо глибоких, при виготовленні та відновленні відповідальних порожнистих деталей сільськогосподарської техніки є однією з найскладніших проблем металообробки [1].

Весь спектр необхідних службових властивостей поверхонь круглих отворів забезпечується прогресивними ресурсозберігаючими технологічними процесами, заснованими на різноманітних комбінаціях ріжучого протягування, з операціями холодного пластичного деформування (ХПД); редукування, розкатування, вигладжування, деформуючого протягування (дорнування). Ці технологічні методи (КВМ в межах 0,90...0,98) і низькою трудомісткістю, як правило, гарантують також досягнення бажаних величин більшості геометричних і фізико-механічних характеристик поверхні і точності отвору за допустимими відхиленнями від прямолінійності осі та некрутості, шорсткості, зміцнення поверхневого шару ХПД і стискуючих залишкових напружень [1,2].

Мета дослідження. Визначення особливостей механіки протягування внутрішніх поверхонь при виготовленні та відновленні порожнистих деталей сільськогосподарської техніки.

Основні матеріали дослідження. Деформуючий елемент протяжки мають конічну робочу поверхню, проходячи через оброблювальний отвір, пружно і пластично деформує стінки деталі, збільшуючи діаметр отвору і зовнішній діаметр деталі.

Діаметр оброблюваного отвору лише в окремих випадках рівняється зовнішньому діаметру деформуючого елемента, він в більшості випадків більший або менший [2].

Сучасну найбільш розповсюджену та загальноприйнятну модель деформуючого протягування із наскрізними пружно-пластичними деформаціями можна подати наступним чином. Конічний деформуючий елемент протяжного інструменту, оснащений циліндричною стрічкою та зворотним конусом, рухається уздовж осі деталі з початковими розрізами  $d_0$  і  $D_0$ , здійснюючи роздаванням останньої завдяки натягові  $a_\phi$  (рис.1).

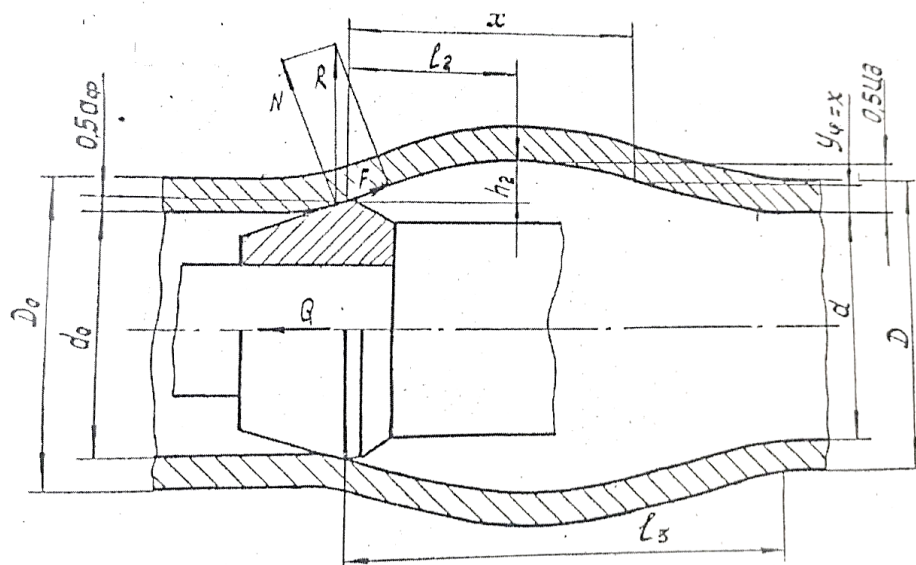


Рис. 1. Модуль взаємодії деформуючого елемента з деталлю при деформуючому протягуванні [3].

Процес здійснюється за кінематичною схемою протягування з лінійною швидкістю в межах 0,02...0,2 м/с.

Циліндрична стрічка та зворотний корпус деформуючого елемента з деталлю не контактують, оскільки напруження в пружно-пластичній зоні утворюють хвилеподібну зону позаконтактної деформації, причому основні розміри визначаються наступними рівняннями.

Відстань  $l_2$  до максимуму хвилі [4]:

$$l_2 = 0,447 a_{\phi}^{0,218} \sqrt{t_0 d_0} \quad (1)$$

Довжина  $l_2$  [4]:

$$l_3 = 1,34 a_{\phi}^{0,218} \sqrt{t_0 d_0} \quad (2)$$

Максимальна радіальна деформація  $U_d$  деталі в позаконтактній зоні [4]:

$$U_d = \frac{d\sigma_i}{\sqrt{3}E} \left[ \frac{d^2}{D^2} (1 - \mu) + (1 + \mu) \right] \quad (3)$$

де:  $t_0$  – початкова товщина стінки деталі;  $\sigma_i$  – напруження за кривою текучості для середнього значення деформації  $\epsilon$  деформуючої поверхні;  $E$ ,  $\mu$  – відповідно модуль Юнга та коефіцієнт Пуансона.

В деталях із пластичних сталей і кольорових сплавів мережу гвинтових канавок отримують за допомогою елементів, що обертаються, оснащених деформуючими частинами із твердих сплавів. Обробку деталей із крихких металів та сплавів, а також металопластичних сталей здійснюють за допомогою зубців із багатозахідними гвинтовими ріжучими частинами із швидкорізальних сталей, задню поверхню яких потрібно затилувати для попередження втрати розмірів контурних канавок при переточках зубців [5].

Висновки. В результаті проведених досліджень встановлено, що названі комбіновані технологічні процеси дозволяють також забезпечити



отримання на поверхнях глибоких отворів наступних геометричних параметрів запропонованих нами.

Дослідження показали, що при виготовленні та експлуатації деталей з глибокими отворами можуть ефективно виконувати дві різні функції: технологічну, яка полягає в примусовому поділі зрізаного протяжкою припуску контурними канавками макрорельєфу і експлуатаційну, яка забезпечується системою цих канавок, сполучених між собою. В останньому випадку канавки можуть служити об'ємами для мастила, лабіринтами для ущільнення пар тертя тощо.

Список використаних джерел

1. Іванов Ю.М., Паладійчук Ю.Б. Сучасні ресурсозберігаючі технології виробництва та ремонту виконавчих органів гідросистем автомобілів і тракторів. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. 1999. Вип. 28. С. 286-289

2. Посвятенко Е.К., Паладійчук Ю.Б. Основи розрахунку протяжок для отримання гвинтових технологічних канавок. Резание и инструмент в технологических системах. 1999. Вип. 54. С. 206-210.

3. Паладійчук Ю.Б., Швець Л.В., Кондратюк Д.Г. Обробка глибоких отворів комбінованою протяжкою. Техніка, енергетика, транспорт АПК. 2019. № 2 (105). С. 86-92.

4. Paladiychuk Yu. Forming of makroreleliv is at reaching of internal surfaces of cylinder purveyance of power hydrocylinders. Modern engineering and innovative technologies. Issue 10. Part 1. P. 74-79.

5. Паладійчук Ю.Б., Кордонський В.А. Обґрунтування механіки руйнування стружки при протягуванні циліндричних поверхонь з припуском. Вібрації в техніці та технологіях. 2020. № 4 (99). С. 73-84.

УДК 629.3.072.2:629.331

## **ОСОБЛИВОСТІ ДІАГНОСТУВАННЯ ЕЛЕКТРОННОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ДВИГУНОМ АВТОМОБІЛЯ**

*Куликівський В. Л.*

*Поліський національний університет*

Постановка проблеми. Під час проведення технічного обслуговування і ремонту автомобілів важливо мати індивідуальну інформацію про технічний стан техніки, приховані та назріваючі відмови, залишковий ресурс, причини порушення працездатності. Засобом отримання такої інформації служить технічна діагностика, яка є необхідною складовою у

профілактичному обслуговуванні автомобілів та одним із елементів наукової організації праці.

Аналіз останніх досліджень. Усі несправності та відмови, що виникають у процесі експлуатації транспортних засобів, супроводжуються шумами, вібраціями, стуками, змінами функціональних показників (потужності, тягового зусилля, тиску). Ознаками цих несправностей можуть бути діагностичні параметри, які опосередковано характеризують працездатність елемента, вузла чи системи автомобілів. Сучасні автомобілі обладнані системами бортової самодіагностики технічного стану електронної системи керування двигуном, які забезпечують контроль за параметрами роботи комплексу [1, 2]. Вихід параметрів за встановлені межі вказує на наявність несправностей у роботі електронної системи або двигуна.

Мета досліджень. Проаналізувати методи і засоби діагностування електронної системи керування двигуном автомобіля для своєчасного виявлення та усунення несправностей, що виникають.

Результати досліджень. Електронний блок управління сучасним двигуном є цифровим мікропроцесором з функцією самодіагностики. Під час роботи двигуна блок постійно контролює роботу конструктивних елементів електронної системи керування та у випадку виникнення будь-якого пошкодження заносить у пам'ять код (від двозначного до п'ятизначного), що відповідає несправності даного виду. Для зчитування коду несправності, що зберігається в пам'яті електронного блоку управління двигуном необхідно підключити діагностичний прилад до спеціального діагностичного роз'єму. Деякі системи самодіагностики дозволяють зчитувати код несправності без застосування діагностичного обладнання шляхом дешифрування сигналу напівпровідникового пристрою (світлодіода), розташованого на панелі приладів. Якщо параметр якогось із датчиків відхиляється від нормативних значень, що зберігаються в пам'яті блоку, він відключається, а система починає працювати за обхідною програмою. Після того, як датчик знову стане справним, система починає працювати в штатному режимі, а обхідна програма відключається. Під час роботи електронної системи керування в аварійному режимі за обхідною програмою на дисплею (панелі приладів) включається сповіщення (контрольна лампа) несправності двигуна. Після усунення відмови контрольна лампа (сповіщення) вимикається, але занесений до пам'яті електронного блоку управління двигуном код несправності зберігається. Видалення кодів несправностей із пам'яті електронного блоку здійснюють за допомогою діагностичного обладнання. За методом отримання інформації для діагностування електронних систем керування двигунами можна розділити на дві групи – сканери та мотор-тестери (рис. 1).



Рис. 1. Обладнання для діагностування електронної системи керування двигуном автомобіля.

Сканер обмінюється інформацією з електронним блоком та дозволяє зчитувати коди помилок, контролювати значення змінних діагностичних параметрів, управляти виконавчими елементами системи та оновлювати програмне забезпечення блоку управління. Він забезпечує можливість переглядати та зберігати інформацію про діагностичні параметри роботи двигуна, а також керувати виконавчими механізмами електронної системи управління. Основною відмінністю сучасного мотор-тестера від діагностичного сканера є те, що прилад отримує інформацію не лише від датчиків електронної системи керування двигуном, а й від своїх власних. Крім того, мотор-тестер забезпечує перевірку технічного стану первинного та вторинного ланцюгів системи запалювання, а також дозволяє контролювати форму електричних імпульсів датчиків та виконавчих елементів комплексу.

Висновок. Сучасні комплекси самодіагностики не можуть виявити та локалізувати приховані несправності, що виникають в електронній системі керування двигуном. Вони лише фіксують відмову, що вже настала в системі. Для зменшення кількості відмов, виявлення прихованих несправностей та забезпечення необхідного рівня надійності системи управління необхідно оцінювати технічний стан її елементів на підприємствах автосервісу при кожному регламентному технічному обслуговуванні. При цьому одним із основних завдань діагностування системи є не лише визначення поточного технічного стану конструктивних елементів, а й прогнозування запасу їхньої справної роботи.

Список використаних джерел

1. Волков В. П., Грицук І. В., Грицук Ю. В. та ін. Інформаційні системи моніторингу технічного стану автомобілів. Харків : ФОП Панов А. М., 2018. 299 с.
2. Клименко Л. П., Прищепов О. Ф., Андреев В. І. та ін. Елементи електронних систем керування автомобільними двигунами. Миколаїв : ЧДУ імені Петра Могили, 2013. 132 с.

УДК 631.3

## НАСОСИ НШ ДЛЯ ТРАКТОРІВ, АВТОМОБІЛІВ ТА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

*Автухов А. К., Стріляний М. О.*

*Державний біотехнологічний університет*

В даний час в Україні найбільшим виробником насосів НШ та агрегатів гідросистем є ПАТ «Гідросила» — українське підприємство машинобудівної галузі у Кропивницькому [1].

Але слід зазначити, що на споживчому ринку можна зустріти гідроагрегати інших (не офіційних) виробників, тобто - підробки.

Мета цієї роботи надати роз'яснення широкому колу споживачів агрегатів гідросистем щодо особливостей використання оригінальної продукції офіційних виробників і підробок.

Для забезпечення працездатності гідросистем на вантажних автомобілях, тракторах і сільськогосподарських машинах широко використовуються гідравлічні насоси НШ.

Усі насоси на момент продажу повинні забезпечувати необхідний тиск під навантаженням, номінальну подачу та об'ємний коефіцієнт корисної дії.

Насоси, виготовлені, в умовах ПАТ Гідросила відповідають технічним вимогам, що надаються до шестеренних насосів.

Насоси, виготовлені не в заводських умовах, зазвичай цим вимогам не відповідають. Це пояснюється тим, що при виготовленні насосів в не заводських умовах, вони збираються з відлитих, в умовах дрібного виробництва, корпусів і перешліфованих шестерен.

Спосіб виготовлення насосів НШ шляхом відливання корпусу з деталей, що відпрацювали свій ресурс та перешліфованих шестерень добре відомий. При цьому шестерні допускаються перешліфовування не більше 3 раз. Так як кожне перешліфовування суттєво знижує продуктивність масляного насоса (тобто об'ємну подачу) і як наслідок ККД( $\eta_{06}$ ). Також слід зазначити, що ресурс насосів виготовлених у такий спосіб суттєво залежить від складу матеріалу корпусу. Контролювати хімічний склад сплаву корпусу в умовах дрібного виробництва дуже складно, тому при відливанні заготовок не завжди витримуються вимоги до їх виготовлення. Це приводить до значного зниження ресурсу корпусів при експлуатації..

Під час застосування насосів за призначенням можуть виникати як поступові так і раптові відмови [2].

Поступова відмова виникає у разі, коли об'ємний ККД( $\eta_{06}$ ) насоса знижується до такого рівня, що він вже не може виконати свою розрахункову функцію (зниження об'ємного ККД( $\eta_{06}$ ) в процесі спрацьовування насоса

більш ніж на 20 % від початкового значення). Така відмова виникає через поступовий знос робочих поверхонь насоса, у тому числі кромки ущільнюючих манжет, що призводить до течі масла через манжету вихідного валу насоса. Зовні прояви поступової відмови виражається в зниженні продуктивності виконавчих механізмів тому що насос не створює необхідний тиск в навісній системі машини.

Раптова відмова виникає у разі підвищеного інтенсивного зносу або пошкодження та руйнування робочих поверхонь насоса. Причинами раптової відмови є: порушення регулювань запобіжної системи; заклинювання золотників розподільника; в наслідок низької в'язкості робочої рідини; попадання в порожнину насоса сторонніх предметів; невідповідність напрямку обертання валу насоса і приводу; відсутність і жорсткість кріплення приєднувальної арматури.

Руйнуванню деталей гідравлічних насосів сприяють процеси аерації та кавітації, що виникають у гідравлічному середовищі [3]. Ці процеси розглядаються разом, оскільки вони однаково діють на систему. Аерація - це процес який призводить до утворення пухирців повітря в гідравлічному середовищі. Кавітаційне зношування є механічним зношування в умовах відносного руху твердого тіла та рідини, під дією якого бульбашки газу захоплюються поблизу поверхні, що призводить до створення локального високого ударного тиску або високої температури.

В обох випадках присутність пари масла або пухирців повітря в маслі призводить до пошкодження деталей насоса.

При експлуатації гідроагрегатів у відповідності з рекомендаціями заводу виробника наробіток насосів НШ без відмов під час експлуатації на тракторах сільськогосподарського призначення становить 4000 мотогодин, а на промислових тракторах – 3000 мотогодин.

За тих же умов, напрацювання насосів виготовлених в умовах дрібних виробництв на тракторах сільськогосподарського призначення становить 2200 мотогодин, а на промислових тракторах – 1700 мотогодин. При цьому вартість насосів практично однакова.

Не складні арифметичні розрахунки показують, що використання насосів виготовлених шляхом виливки корпусу та перешліфування шестерень при забезпеченні нормальної роботи гідросистеми протягом 4000 мотогодин господарству обійдеться вдвічі дорожче, ніж при використанні насоса виробництва ПАТ «Гідросила».

Список використаних джерел

1. ПАО Гідросила [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://shop.hydrosila.com>.
2. Причины отказа шестеренчатых насосов [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ladspb.ru> > gear\_pumps.

3. Методика проведения технической экспертизы насосов шестеренных НШ производства ПАО «Гидросила» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.hydrosila.com/files/brochure/ru-broshure-18.pdf>.

УДК 631.456.53

## **ВПЛИВ ЗАБРУДНЕНOSTІ І ОБВОДНЕННЯ ДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА НА ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ ПАЛИВНОЇ АПАРАТУРИ**

*Бончик В. С., Дуганець В. І., Федірко П. П.*

*Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»*

Як показує досвід експлуатації автотракторної техніки, більшою мірою у паливоподаючій апаратурі зношуються такі прецизійні деталі, як гільзи і плунжера насоса високого тиску, нагнітальні клапани і розпилювачі форсунок. Від стану поверхонь цих деталей залежать процеси паливоутворення і згорання в циліндрах двигуна, визначальні економічні, динамічні і експлуатаційні показники усієї машини.

Як показано в роботі [1], при недостатньому очищенні палива фільтрами тверді частки проходять разом з паливом через малі проміжки (0,4...3,0 мкм) прецизійних з'єднань під високим тиском (13...80 МПа) і з великою швидкістю (100...250 м/с). Абразивні частки, потрапляючи в проміжки прецизійних пар, зношують їх, в результаті збільшуються первинні проміжки і змінюються параметри впорскування палива (тривалість, тиск та ін.).

Це знижує якість роботи паливоподаючої апаратури і відповідно зменшує надійність і економічність двигуна (двигун не розвиває необхідної потужності через погіршення процесів згорання).

Ресурс дизельної паливоподаючої апаратури обмежується зносостійкістю прецизійних пар. Незважаючи на велику важливість питань, пов'язаних з надійністю роботи цих дизелів, природа процесу їх зношування в умовах запиленої повітря практично не вивчена.

Як показано в роботі [1], при зменшенні гідравлічної щільності плунжерних пар до 3,5 зі значних змін параметрів уприскування палива не відбувається. При щільності нижче 3,5 с тиск в нагнітальному паливопроводі і форсунці різко знижується, а тривалість і кут випередження впорскування набагато зменшуються. При подальшому зниженні щільності плунжерних пар зростають нерівномірність і нестабільність параметрів впорскування і подачі палива [2].

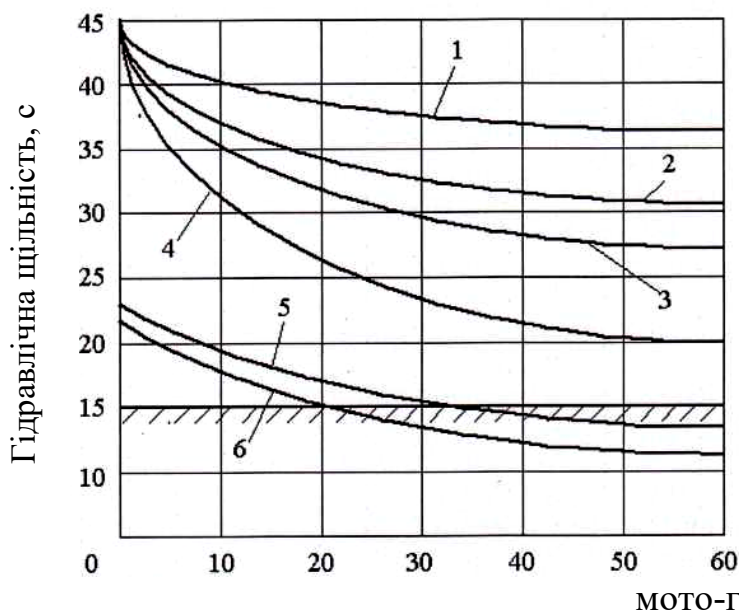


Рис. 1. Залежність гідравлічної щільності плунжерної пари від напрацювання при штучному введенні в паливо абразивних часток різних розмірів при початковій концентрації механічних домішок 15 г/т і початковій гідравлічній щільності 45с : 1) - 4...6 мкм; 2) - 6...8 мкм; 3) - 8...10 мкм; 4) - 10 мкм і більше; 5) - 6...8 мкм; 6) - 8...10 мкм - при початковій гідравлічній щільності 20...25 с.

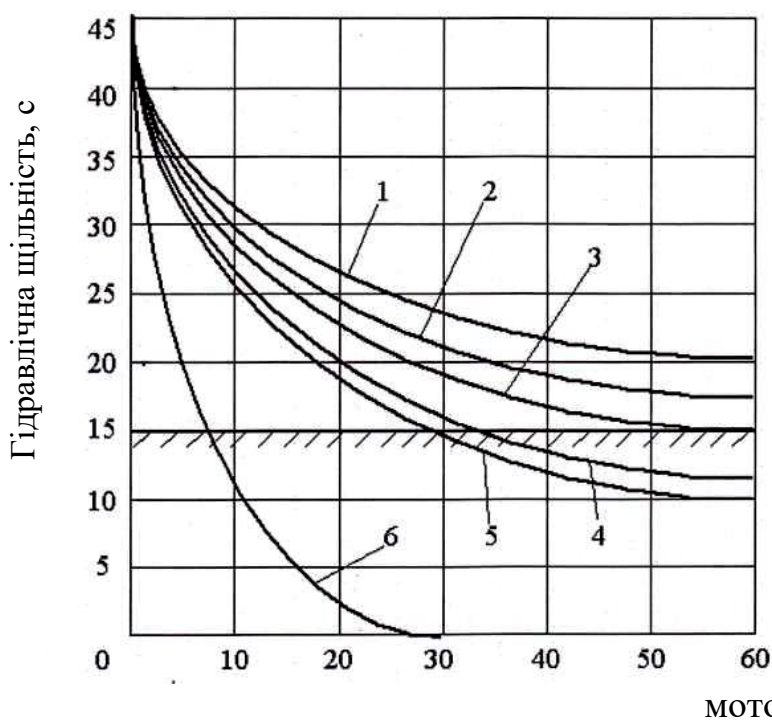


Рис. 2. Залежність гідравлічної щільності плунжерної пари від напрацювання при концентрації абразивних часток в паливі розміром 6...8 мкм: 1) - 15 г/т; 2) - 25 г/т; 3) - 50 г/т; 4) - 75 г/т; 5) - 100 г/т; 6) - 150г/т.

Аналіз зношених прецизійних пар в процесі експлуатації дизелів свідчить, що вони піддаються головним чином абразивному зношуванню проникаючими частками абразиву через елементи, що фільтрують.

Результати досліджень, приведені у вказаній роботі (рис. 1, рис. 2), свідчать про те, що при роботі прецизійних з'єднань на чистому паливі, що не містять механічних домішок, паливо виступає в ролі змашуючого середовища і забезпечує мінімальний коефіцієнт тертя і захист робочих поверхонь від руйнування.

Наявність в паливі абразивних часток, розмір яких дещо більше, ніж проміжок в плунжерній парі, викликає абразивне зношування цих пар. Абразивні частки, розмір яких менший, ніж проміжок, не чинять істотного впливу на процес зношування і відповідно на параметри подачі палива. Для плунжерної пари найбільш небезпечними є абразивні частки розміром 6...8 мкм; опинившись в проміжку, збільшеному за рахунок пружних деформацій втулки, вони затискаються і починають зношувати прецизійні деталі, особливо рухливі (плунжери). Найбільше зношування спостерігається проти впускного отвору втулки.

За даними [1] не можна допускати наявності в паливі абразивних часток при концентрації більше 50 г/т. Це приведе до посиленого абразивного зносу, в першу чергу нагнітального клапана і голки, а потім плунжерної пари. При перевищенні концентрації абразиву в паливі більше 100 г/т. починається посилене абразивне зношування плунжерної пари, причому плунжер зношується в 3...4 рази швидше, ніж втулка.

Таким чином одним з шляхів підвищення ресурсу паливоподаючої апаратури є розробка ефективної системи фільтрації палива, що забезпечує відсіювання часток розміром 4...6 мкм, і меншу забрудненість.

Разом з очевидністю ряду пропозицій, що впливають з робіт [1], вказані вимоги до показників частоти дизельного палива вимагають уточнення додатковими дослідженнями, оскільки конструкція сучасних паливоподаючих агрегатів і пристроїв, що фільтрують, а також умови експлуатації істотно змінилися.

Таким чином, аналіз літературних джерел і власних спостережень свідчить про високий рівень забрудненості і обводнення дизельного палива, використовується в сільськогосподарському виробництві, який є об'єктивно неминучим фактом. При цьому на шляху від заводу-виготівника до паливного бака сільськогосподарської техніки концентрація механічних домішок збільшується майже в 100 разів, а на шляху від паливного бака до циліндрів двигуна в 2...3 рази. Виходячи з приведених даних, можна зробити висновок про доцільність очищення палива перед його заправкою.

Список використаних джерел

1. Кищук А.С. Практикум по технічному обслуговуванню тракторів. Глевах: ІМЕСГ, 2002. 109 с.



УДК 62-192:613.3.02

## **ФОРМУВАННЯ ПРОГРАМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ НА СТАДІЇ ПРОЄКТУВАННЯ ТА РОЗРОБКИ**

*Новицький А. В.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Програма забезпечення надійності є важливим документом в галузевому машинобудуванні та аграрній інженерії, що входить до Державних стандартів України. Програма забезпечення надійності (ПЗН) – це документ, що встановлює комплекс взаємопов'язаних організаційних та технічних заходів, методів, засобів, вимог та норм, які спрямовані на виконання встановлених у документації на виріб вимог до надійності [6, 7].

В наукових роботах останніх років визначився комплекс досліджень, який включає підвищення ефективності використання [1], удосконалення конструкції машин [5], техніко-економічне обґрунтування якості продукції.

Метою представленої роботи є формування ПЗН сільськогосподарської техніки за рахунок заходів керування надійністю на стадії проєктування та розробки.

Керування надійністю, згідно ДСТУ, передбачає собою цілеспрямовану діяльність щодо обґрунтування, планування, забезпечення, підвищення та підтримки показників безвідмовності, ремонтпридатності, довговічності та збережуваності об'єктів, що досліджуються [7, 8]. Відповідно до формування ПЗН автором проведено аналіз та синтез попередніх наукових робіт, в яких відображені шляхи реалізації досліджень стадії проєктування та розробки засобів для приготування і роздавання кормів (ЗПРК). Згідно ДСТУ [8] на стадії проєктування та розробки планується виконувати види робіт щодо аналізу надійності ЗПРК, які можна об'єднати в кілька основних груп згідно з особливістю їх реалізацією.

1. Встановлення наявності та повноти ПЗН, вибір номенклатури та нормування показників надійності об'єкта дослідження з урахуванням режимів та умов експлуатації, можливих наслідків відмов та інших чинників.

2. Аналіз і обґрунтування схемно-конструктивних варіантів побудови, вибір конструкційних матеріалів, базових частин і комплектуючих елементів щодо формування надійності.

3. Уточнення оцінок показників надійності об'єкта в цілому і його складових частин для вибраного варіанта побудови.

4. Аналіз технології виготовлення об'єкта дослідження з урахуванням вимог щодо надійності.

5. Розробка та аналіз плану випробувань, системи збирання та опрацювання інформації для забезпечення надійності.

6. Формування та аналіз нормативної документації для забезпечення надійності.

7. Розробка та техніко-економічний аналіз ефективності заходів, що впроваджуються на стадії проектування та розробки.

Як показує аналіз ПЗН машин на стадії проектування та виробництва, є цілий ряд положень та науково-практичних підходів, які ще не реалізовані або ж недостатньо розглядались для машин та обладнання для тваринництва, включаючи засоби приготування і роздавання кормів (ЗПРК).

Нами проаналізовано наукові статті та окремі дослідження, що направлені на забезпечення надійності ЗПРК і формують ПЗН на стадії проектування та виробництва. Вони передбачають:

- використання математичної теорії надійності, включаючи розробку логіко-імовірнісних та логіко-імітаційних моделей надійності систем [2, 4, 6];

- теоретичне обґрунтування та практичну реалізацію оцінки впливу людини-оператора на надійність технічних систем «Людина-Машина» [3, 6];

- забезпечення надійності ЗПРК в системі інноваційних процесів [11, 13];

- використання методів моніторингу впливу експлуатаційних факторів на технічний стан ЗПРК [8, 10];

- формування керівних матеріалів на використання машин з точки зору забезпечення надійності [10, 13].

Можна зробити висновок, що потребують подальшої розробки напрями ПЗН ЗПРК на стадії проектування та розробки, що включають:

- систему інновацій в конструкторсько-технологічні методи забезпечення надійності [14, 15];

- реалізацію планів випробувань на надійність;

- врахування людського фактору в системах управління надійністю техніки [3, 6].

#### Список використаних джерел

1. Aulin, V., Hryniv, A., Lyashuk, O., Vovk, Y., Lysenko, S., Holub, D., Zamota, T., Pankov, A., Sokol, M., Ratynskiy, V., Lavrentieva, O. Increasing the functioning efficiency of the working warehouse of the "Uvk Ukraine" company transport and logistics center (2020) Communications - Scientific Letters of the University of Zilina, 22 (2), pp. 3-14.

2. Boyko A., Novitskiy A. Mathematical model of reliability of human-machine system under reduced efficiency of its generalized work. Machinery & Energetics . Journal of Production Research. Kyiv. Ukraine. 2018. Vol. 9. No. 3. 271. P. 165–174.

3. Novitskiy Andrey. Professional Reliability of Personnel in System of Development of Innovative Processes. TEKA. Lublin-Rzeszow. 2018. Vol. 18. No 2, P. 93–102.
4. Pylypaka S. F., Klendii M. B., Trokhaniak V. I., Pastushenko A. S., Novitskiy A. V. Movement of a material particle on an inclined plane all the points of which describe circles in oscillatory motion in the same plane. Bulletin of the Karaganda University. Mathematics Series. №1 (97) / 2020. Karaganda, 2020. pp. 122–131.
5. Viatcheslav Loveikin, Vasyl Khmelovskiy, Vasyl Lukach, Vasyl Achkevych. Improving efficiency of mobile combined feed mixer. Engineering for rural development. 25-27.05.2022 Jelgava, 2022. pp. 853-859.
6. Zinoviyy Ruzhylo, Andriy Novitskii, Dmytro Milko, Volodymyr Bulgakov, Ivan Beloev, Adolfs Rucins. Mathematical model for reliability assessment of device for preparation and distribution of animal feed as “Man-Machine”. Engineering for rural development. 25-27.05.2022 Jelgava, 2022. pp. 911-917.
7. ДСТУ 2861-94. Надійність техніки. Аналіз надійності. Основні положення. Видання офіційне. Держстандарт України. Київ. 16 с.
8. ДСТУ 2863-94. Надійність техніки. Програма забезпечення надійності. Загальні вимоги. (2863-94).
9. Новицький А. В., Банний О. О., Бистрий О. М. Дослідження впливу експлуатаційних факторів на технічний стан сільськогосподарської техніки. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2021. Vol. 12. No 4. P. 39–46.
10. Новицький А. В., Новицький Ю. А. Технічна оцінка споживчих якостей сільськогосподарської техніки. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2017. Вип. 264 (2017). С. 293–303.
11. Новицький А. В., Ружи́ло З. В., Котречко О. О. Забезпечення надійності сільськогосподарської техніки в системі розвитку інноваційних процесів. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2019, Vol. 10, No 3, P. 151–157.
12. Новицький А. В., Харьковський І. С., Новицький Ю. А. Моніторинг технічного стану сільськогосподарської техніки за керівними матеріалами на її експлуатацію. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2021. Vol. 12, No 4. P. 85–93.
13. Новицький А.В., Банний О.О. Надійність сільськогосподарської техніки в системі інноваційних процесів з досвіду зарубіжних компаній. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2020. Vol. 11, No 2. P. 115–124.
14. Патент на корисну модель України 119949 МПК C21D 1/25 (2006.01), C21D 9/573 (2006.01), C21D 9/38 (2006.01). Спосіб термомеханічної обробки Сталі 50ХГА. Котречко О. О., Котречко С. О.,

Ружи́ло З. В., Нови́цький А. В. Державна служба інтелектуальної власності України. Київ. u201705734, заявлено від 09.06.2017; опубліковано 10.10.2017, Бюлетень № 19/2017.

15. Патент на корисну модель України 141070 МПК В02С 18/06. Ніж кормороздавача-змішувача. Котречко О. О., Ружи́ло З. В., Нови́цький А. В., Бистрий О. М., Нови́цький Ю. А. Державна служба інтелектуальної власності України. Київ. u201907870, заявлено від 11.07.2019, опубліковано 25.03.2020, Бюлетень №6/2020.

.

## *Секція*

# *Автоматизація, ІТ та енергетика в АПК*

УДК 519.6:001.5

### **РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ПРИ ВИРІШЕННІ ПРИКЛАДНИХ ЗАДАЧ В АПВ**

*Левкін Д. А., Котко Я. М., Левкін А. В.  
Державний біотехнологічний університет*

Для збільшення кількості високопродуктивних порід сільськогосподарських тварин потрібна адаптація до практичного застосування вже існуючих методик і технічних засобів лазерного поділу ембріонів. Це неможливо без удосконалення вже існуючих та побудови нових автоматизованих систем контролю за використанням вхідних ресурсів. В роботі розглянуті деякі аспекти вирішення задач математичного моделювання та оптимізації параметрів біотехнологічної системи лазерного поділу ембріона для здійснення трансплантації клітин зародків. Мета досліджень – запропонувати принципи для побудови автоматизованої системи управління параметрами біотехнологічного процесу лазерного поділу ембріона та здійснення трансплантації його сегментованих частин. Для підвищення якості контролінгу біотехнологічного процесу при математичному моделюванні та оптимізації управляючих параметрів біотехнологічної системи враховані тришарова будова ембріона та технічні характеристики рухомих лазерних випромінювачів.

Слід відзначити результати монографії [1], де розроблені математичні моделі розрахунку та оптимізації параметрів електротехнічних, механічних, гідродинамічних та інших складних систем, які містять зосереджені джерела дії фізичних полів. Авторами цієї монографії запропоновані підходи до реалізації прикладних оптимізаційних математичних моделей для різних класів модельованих систем. Результати монографії [1] мають фундаментальний характер та можуть бути використані для створення високоточних автоматизованих систем керування. В публікації [2] вивчені питання електропорації клітин для окремих тварин. Її авторами виявлена залежність між напруженістю і електропровідністю мембрани клітин миші та корови, встановлена межа, за якої відбувається електричний розпад клітинної мембрани. Здійснене математичне моделювання механізму впровадження та оцінки функціонування фінансових інновацій в діяльність аграрних підприємств України [3, 4]. Авторами публікації [4] встановлені фактори, які призводять до інертності галузевої інвестиційної підтримки та

можуть викликати ризики при інвестиційній діяльності аграрних підприємств.

В роботі запропоновано математичну модель основної оптимізаційної задачі, що є багатовимірною, нестационарною, нелінійною та багатоекстремальною задачею оптимізації параметрів процесу лазерного локального теплового впливу на ембріон з урахуванням обмежень на результуюче температурне поле та технічні параметри лазерних випромінювачів. Для побудови адекватних оптимізаційних математичних моделей обґрунтована адекватність розрахункових математичних моделей, які описують процес дії променя лазера на ембріон з урахуванням тришарової будови мікробіологічного об'єкта. Визначені та детально досліджені умови коректності нелокальних крайових задач для систем еволюційних псевдодиференціальних рівнянь в багатшаровому середовищі, які лежать в основі розрахункових математичних моделей моделюваної біотехнологічної системи (ембріон під дією лазерним променем). Через те, що оптимізація управляючих параметрів лазерних випромінювачів досягається завдяки автоматизації значень результуючого температурного поля та його параметрів, коректність розрахункових математичних моделей автоматично зумовлює коректність прикладних оптимізаційних математичних моделей пошуку та перебору локальних екстремумів температурного поля.

Проаналізовані специфічні особливості (нелінійність функції мети та системи обмежень на її параметри, багатозв'язність області розв'язків, багатоекстремальність крайових задач), які характерні для реалізації прикладних задач оптимізації, на основі чого авторами здійснений обґрунтований перехід до вибору методів чисельної реалізації прикладних оптимізаційних математичних моделей. Для забезпечення оптимізації управляючих параметрів лазерних випромінювачів запропонована модифікація пошукового метода оптимізації, який враховує особливості крайових задач та базується на композиції чисельних методів, що створюють обчислювальну структуру. Запропоновано структурну схему базового алгоритму для реалізації обчислювальної структури. До того ж чисельна реалізація прикладних оптимізаційних математичних моделей вимагає зміни лише композиції чисельних методів у відповідних обчислювальних структурах [5].

Розроблені математичні моделі та чисельні методи дозволяють автоматизувати міждисциплінарне дослідження, як математичних моделей, так, і процесу взаємодії лазерного випромінювання з ембріоном. Застосування запропонованого авторами підходу до розрахунку та оптимізації керуючих параметрів лазерної дії на ембріон дозволить підвищити точність та швидкість біотехнологічного процесу лазерного поділу ембріона.

Список використаних джерел

1. Стоян Ю.Г. Оптимизация технических систем с источниками физических полей. / Ю.Г. Стоян, В.П. Путятин. К.: Наук. думка, 1988. С. 44–48.
2. Shigimaga V.A. Conductometry in pulsed electric field with rising strength: Bioelectrochemical applications. / Shigimaga V.A. // Analytical and Bioanalytical Electrochemistry. 2019. Vol. 11. No. 5. Pp. 598–609.
3. Potyshniak O. Assessment of the effectiveness of the strategic management system of investment activities of companies. / Potyshniak O., Dobuliak L., Filippov V., Malakhovskyi Y., Lozova O. // Academy of Strategic Management Journal. 2019. Vol. 18. Issue. 4. Pp. 1–5.
4. Tytarchuk I. Innovations financing in the agricultural sector. / Tytarchuk I., Nehoda Y., Shalyhina I., Bazhanova N., Horbachova O., Rubina L. // International Journal of Advanced Research in Engineering and Technology. 2020. Vol. 11. Issue. 4. Pp. 246–255.
5. Palii A.P. Effect of various milking equipment on milk ejection in high-yielding cows. / Palii A.P., Ishchenko K.V., Bredykhin V.V., Gurskyi P.V., Levkin D.A., Antoniuk A.A., Opryshko A.Y., Kovalchuk Y.O., Anastasieva O.A., Paliy A.P. // Ukrainian Journal of Ecology. 2021. Vol. 11. Issue 1. Pp. 18–24. doi: 10.15421/2020\_303

УДК 629.359, 681.513.1

**РОЗРОБКА КОНЦЕПЦІЇ ПРИСТРОЮ ДЛЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ  
МАЛОГАБАРИТНИХ ВАНТАЖІВ**

*Ромасевич Ю. О., Ловейкін В. С., Зарівний О. Ю.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

У повсякденному житті, в умовах складського зберігання, при виконанні перевозок тощо постає необхідність в транспортуванні малогабаритних вантажів. Для полегшення такої діяльності застосовують засоби, такі як дво- або чотири колісні візки. При цьому людина все одно витрачає енергію для приведення в рух візка і контролю його траєкторії руху. Тому існують методи автоматизації зберігання та обліку продукції на складах з великим обігом продукції. Існує кілька підходів вирішення проблеми автоматизації складського зберігання:

- 1) з модифікацією самих стелажів;
- 2) з використанням візків або рухомих платформ, які працюють автоматично;

3) з використанням автоматичних візків, які працюють сумісно з людиною [2].

Більш детально буде розглянутий третій підхід, а саме концепція сумісного використання рухомих платформ або візків з людиною. Це полегшує працю людини та з економічної точки зору не потребує значних матеріальних вкладень та дозволяє впровадити таку систему в існуючих вже складських приміщеннях.

При розробці концепції пристрою для транспортування малогабаритних вантажів були задані головні вимоги, яким він повинен відповідати:

1) це має бути мобільний двоколісний засіб з приводним 1-2 колесами [1];

2) повинна забезпечуватись стійкість в повздовжньому напрямку руху, а механізм стабілізації не має містити реактивних коліс, або гіроскопів;

3) максимальна маса транспортованого вантажу обмежується 50 кг.

З даних умов за основу було взято за основу конструкцію електросамоката з двома приводними колесами [3]. Замість руля буде встановлюватись сервопривід, а заднє колесо буде кріпитися на механізмі балансування, принцип роботи якого базується на нахилі колеса в бік від вертикальної площини пристрою. У результаті центр ваги пристрою буде зміщуватись у потрібний бік і динамічна рівновага зберігатиметься.

Керування пристроєм буде здійснюватися за допомогою мікроконтролера на базі STM32, драйверів для мотор-колів та понижуючих перетворювачів напруги для живлення сервоприводів. Кут нахилу самоката планується визначати з даних гіроскопа та акселерометра, що реалізовано на базі мікросхеми MPU9250. Балансування пристрою буде реалізовано із застосуванням регулятора, де вхідними даними будуть служити кут нахилу пристрою до вертикальної площини та швидкість його зміни у часі.

Модель пристрою показана на рис. 1, він складається з рами, механізму балансування, механізму повороту переднього колеса та кріплень для акумулятора, електронних плат. Рама виконана з алюмінієвого профілю з канавками, вона закрита алюмінієвими листами. Було розроблено механізм балансування та кріплення заднього колеса, також шарнірне кріплення переднього колеса з сервоприводом. Всі нестандартні деталі будуть виготовлятися з пластику за технологією 3Д друку.

Вантаж, який переміщується за допомогою пристрою, буде розміщуватись зверху і закріплюватись за допомогою стяжних ременів (на рис. 1 не показано).

Привід механізму балансування (рис. 2) представляє собою вузол, що включає сервопривод та передачі із зубчатим пасом. Тут в якості осей використовуються шпильки М8. Також розроблено механізм натягу паса, шляхом зміщення верхнього шківів з сервоприводом та його кріпленнями.



Перевагами такого методу в порівнянні з реактивними колесами та гіроскопами є висока енергоефективність, малі габарити та маса.

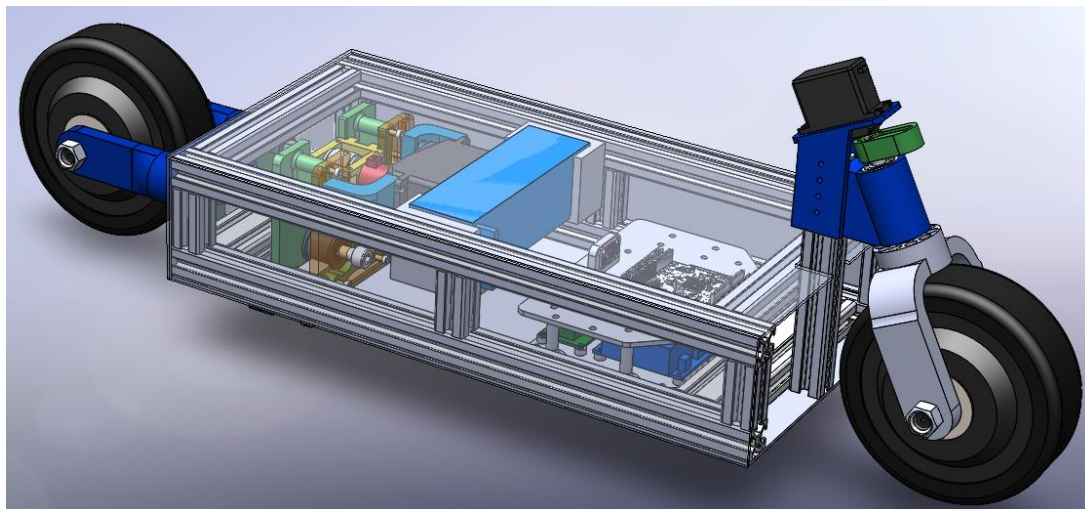


Рис. 1. Модель пристрою для транспортування малогабаритних вантажів.

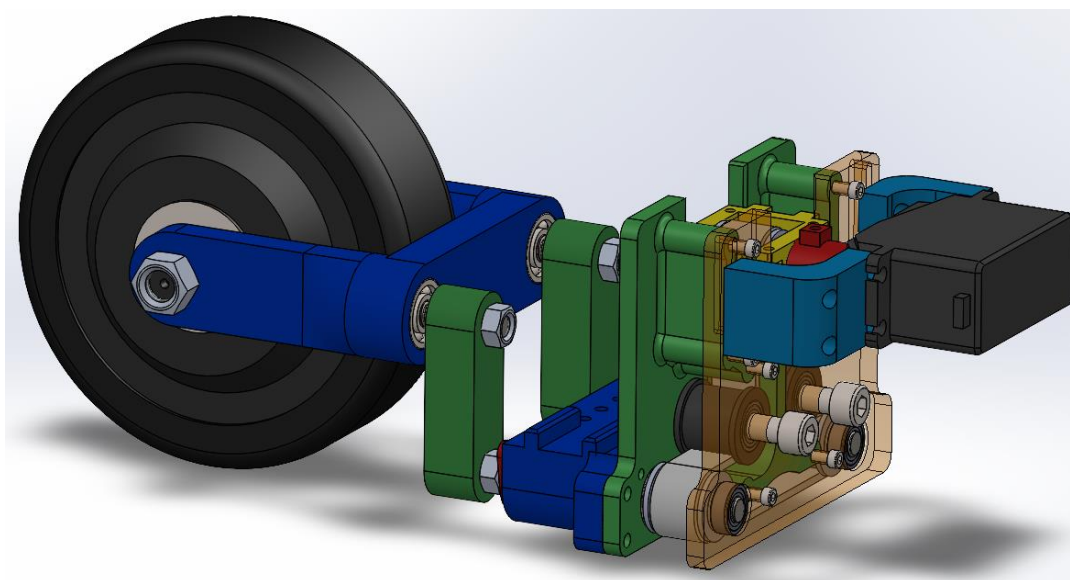


Рис. 2. Механізм стабілізації в зборі.

Загалом розроблена концепція пристрою для транспортування малогабаритних вантажів вимагає реалізації механічної, електричної та програмної частин, що передбачається провести у наступних дослідженнях.

Список використаних джерел

1. Балансуючий мотоцикл фірми Honda. URL: <https://global.honda/newsroom/news/2017/c170109eng.html> [доступ 27.09.2022]
2. Персональний робот-кур'єр Gita. URL: <https://mygita.com/> [доступ 27.09.2022]

3. Двоколісний робот з механізмом автоматичного балансування.  
URL: <https://www.freepatentsonline.com/10486755.html> [доступ 27.09.2022].

УДК 621.186.1

## ВІТРОВА ЕНЕРГЕТИКА – СУЧАСНИЙ СТАН В КРАЇНІ ТА СВІТІ

*Сіренко Ю. В., Калнагуз О. М., Семерня О. В.*  
*Сумський національний аграрний університет*

Постановка проблеми. Стан вітрової енергетики в воєнний час в країні.

Енергетика є основоположним елементом існування і розвитку бізнесу. З впровадженням нових технологій, роботизації, використанням електротранспорту, потреба в енергоносіях збільшується, як і витрати. Основою енергоефективності на даному етапі стає альтернативна енергетика. Сонце, вітер, вода, відходи виробництва все це є дешевим джерелом необхідної енергії. На сьогодні фахівці з енергетичної промисловості все частіше звертають увагу на вітрову енергетику. *Вітер* – поновлюване джерело енергії, яке з давніх часів використовується людиною для своїх потреб (приводу в дію млинів, водяних насосів, а сьогодні електрогенераторів). Сонячні та вітрові електростанції сьогодні є найдешевшим доступним джерелом нової генерації електроенергії. Технологія чистої енергії стає новою головною сферою інвестицій та зайнятості – і динамічною ареною міжнародного співробітництва та конкуренції.

Використовувати енергію вітру для отримання електроенергії люди почали лише у XIX столітті після появи електричного генератора. Над вітровими турбінами працювали науковці з Великої Британії та США, однак перші вітрові станції сучасного типу першими з'явилися у Данії у 1891 році. На території України перші вітрові електростанції розробляв один з засновників космонавтики Юрій Кондратюк ще у 1930-х роках. Він працював над проектом Кримської вітрової електростанції потужністю 12 МВт, з баштою заввишки 160 м і трилопатеvim пропелером діаметром 80 м. 1937 року на горі Ай-Петрі в Криму почалося будівництво фундаменту станції. Однак у 1938 році будівництво зупинили і більше до проекту не повертались [1].

Інтерес до вітрових енергетичних установок (ВЕУ) відновився починаючи з 1973 р., коли після глобальної енергетичної кризи різко зросла світова ціна на такий енергоносіє як нафта. В багатьох країнах (США, Данії, Нідерландах, Німеччині, Великобританії, Канаді, Австралії) було

організовано серійний випуск ВЕУ. Сьогодні у світі експлуатують більш 2 млн. ВЕУ загальною потужністю близько 7000 МВт. В тій же Німеччині сумарна потужність ВЕУ становить 2900 МВт (близько 20 % споживаної енергії).

Другий етап розвитку вітрової енергетики в Україні розпочався у 1996 році. Саме в цьому році запроектували Новоазовської ВЕС потужністю 50 МВт у селі Безіменне Донецької області. Запрацювала станція аж через 15 років – у 2011 році. У 1997 році запрацювала перша ВЕС на території України –Трускавецька, а вже за три роки в Україні працювало 134 турбіни. Більшість вітрових електростанцій в Україні знаходиться на узбережжях Чорного та Азовського морів, на території Кримських та Карпатських гір, у Одеській, Херсонській та Миколаївській областях. За даними Інституту відновлюваної енергетики НАН України, ці регіони є найбільше підходять для використання енергії вітру.



Аналіз останніх досліджень. Енергія вітру та сонця відіграватиме провідну роль у трансформації світового електроенергетичного сектору. У Звіті про глобальну енергетичну трансформацію за 2019 рік IRENA наводить можливі сценарії розвитку глобальної енергетики до 2050 року. Аналіз енергетичних сценаріїв показує, що зростає консенсус щодо зростаючої переваги вітроенергетики в енергетичному балансі протягом найближчих десятиліть. На думку фахівців IRENA, берегова та офшорна вітрова генерація може забезпечити більше однієї третини (35%) загального попиту на електроенергію до 2050 р., [1]. Сьогодні потужність вітрових електростанцій складає 730 ГВт і демонструє оптимістичні тенденції у майбутньому. Швидке зростання вітроенергетики відзначають в Азії, Північній Америці, продовжують розвивати потенціал такі країни ЄС як Данія, Іспанія, Ірландія та Німеччина. Новий етап розвитку в Україні вітроелектростанцій розпочався 2009 року, після запровадження Урядом України «Зеленого тарифу» (економічний механізм винагороди за генерацію електроенергії із відновлюваних джерел енергії (ВДЕ). На кінець 2012 року потужність вітроелектростанцій в Україні становила майже 263 МВт, а через сім років Україна увійшла до «Гігаватного клубу». Він

об'єднує країни, встановлена вітроенергетична потужність яких перевищує 1 000 МВт.

За даними Національної енергетичної компанії, «Укренерго», загальна встановлена потужність вітроенергетичного сектору в Україні складала 1529 МВт у 2020 році. В УВЕА (Українській вітроенергетичній асоціації) очікують, що до кінця року вона зросте до 1750 МВт. «Зелену» електроенергію в Україні генерують 34 вітрові електростанції. Найбільшими з них є Ботієвська, Приморська, Мирненська, Орлівська, Овер'янівська та Новоазовська ВЕС. Усі ВЕС першої сімки, крім Боївської та Приазовської, ввели в експлуатацію у 2019 році.

Мета досліджень. Аналіз сучасного стану використання вітроенергії в країні та світі.

Результати досліджень. В Україні загальна потужність встановлених вітроелектростанцій становить 1673 МВт на 2021 рік. Вітропарки в Україні зосереджені у Запорізькій, Миколаївській, Одеській та Львівській областях.

За даними Української вітроенергетичної асоціації, в Україні зупинено понад 2/3 вітрогенераторів через воєнну агресію Росії. Наразі не працює 1162,5 МВт встановлених потужностей, залишаються у роботі 372,5 МВт, що зосереджені, переважно, у Одеській та Львівській областях. Так, у Запорізькій області зупинено всі ВЕС компанії ДТЕК (Ботієвська – 199,88 МВт, Приморська-2 – 99,58 МВт, Орловська – 98,8 МВт), окрім Приморська-1 потужністю 99,58 МВт. Через пошкодження ЛЕП знеструмлено повітряну лінію електропередач 330 кВ у м. Мелітополь. У області не працює Запорізька ВЕС ТОВ "Юрокейп Юкрейн" - 98,1 МВт. У Миколаївській області зупинено турбіни "Вітрового парку "Причорноморський" та 14 турбін ТОВ "Вітрові парки України". На Одещині зупинено вітроелектростанцію "Південне Енерджі" (76,5 МВт), працюють Дністровська ВЕС (частково) ТОВ "Елементум Енерджі" – 40 МВт та вітропарк "Овід Вінд" – 32,67 МВт, що належить турецькій Guris. Варто зазначити, що як мінімум 2 віротурбіни різних власників на сьогодні зруйновані [2]. Також на початок 2022 року приватні домогосподарства встановили 57 кВт генерувальних установок з енергії вітру та 264 кВт комбінованих вітро-сонячних установок.

Висновок: "Вітроенергетика має багато переваг. По-перше, 1 МВт вітрової електростанції генерує більше електроенергії, ніж аналогічні електростанції на інших видах відновлювальної енергетики, а іноді й на викопних джерелах енергії. По-друге, привабливий "зелений" тариф. По-третє, позитивний інвестиційний прогноз, адже якщо інвестор і заходить у вітровий сектор, то з довгостроковою перспективою" [3]. За даними Нацкомісії, що здійснює держрегулювання у сферах енергетики та комунальних послуг, сукупна встановлена потужність ВДЕ-об'єктів в Україні станом на кінець 2021 року сягнула 8451 МВт. При цьому минулого року найбільше потужностей додалося у вітроенергетиці: було введено в

експлуатацію 359 МВт вітроелектростанцій (ВЕС) – у 2,5 разу вище за показник 2020 року (144 МВт) і в 1,2 разу вище за показник введених в експлуатацію сонячних електростанцій (СЕС), які традиційно лідирують у галузі (286 МВт). Отже, на кінець 2021 року загальна потужність ВЕС становить 1673 МВт, промислових СЕС – 6226,9 МВт.

Список використаних джерел

1. Вітрова енергетика в Україні та світі [Електронний ресурс] // Хмарачос. 2022. Режим доступу до ресурсу: <https://hmarochos.kiev.ua/2022/01/18/vitrova-energetyka-v-ukrayini-ta-sviti/>.

2. Станіслав І. Зелена енергетика в Україні на межі банкрутства. Що далі? [Електронний ресурс]/І. Станіслав // Економічна правда. 2022. Режим доступу до ресурсу: <https://www.epravda.com.ua/columns/2022/04/10/685513/>.

3. Вітроенергетика України у 2022 р. [Електронний ресурс] // Інтерфакс-Україна. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: <https://ua.interfax.com.ua/news/greendeal/796991.html%20..3>.

УДК 621.186.1

## СУЧАСНИЙ СТАН СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ

*Сіренко Ю. В., Калнагуз О. М.*

*Сумський національний аграрний університет*

Постановка проблеми. Стан сонячної енергетики в воєнний час в країні, та шляхи її відновлення в післявоєнний час.

Розвиток технологій у сфері відновлювальної енергетики змусило багатьох по-новому подивитися на нетрадиційний видобуток енергії. Електрика є основоположним елементом існування і розвитку бізнесу. З впровадженням нових технологій, роботизації, використанням електротранспорту, потреба в енергоносіях збільшується, як і витрати. Основою енергоефективності на даному етапі стає альтернативна енергетика. Сонце, вітер, вода, відходи виробництва все це є дешевим джерелом необхідної енергії. На сьогодні фахівці з енергетичної промисловості все частіше звертають увагу на сонячну енергетику, а компанії інвестують значні суми в розвиток і будівництво сонячних електростанцій. Для України галузь відновлюваних джерел енергії дуже перспективна. Наш клімат може похвалитися великою кількістю сонячних днів, як в теплу, так і холодну пору року. А високий ступінь інсоляції (так зване опромінення поверхонь сонячним світлом) дозволяє позмагатися з визнаним лідером сонячної енергетики в Європі – Німеччиною. Варто

відзначити, що саме сонячна енергетика є зараз найбільш популярними технологіями. І не дивно. Ефективність сучасних сонячних батарей доводить, що електроенергія, яка генерується таким чином не тільки рентабельна, але і в майбутньому може виявитися над прибутковою [1]. Велика за європейськими мірками територія, достатня кількість сонячних днів. Крім економічних вигод від таких енергоресурсів, дані технології не завдають шкоди довкіллю, і при виробництві відсутні викиди CO<sub>2</sub> в атмосферу, що важливо при загальній екологічній ситуації в світі. Але попри інтерес підприємств та інвесторів, а також підтримку держави, сонячна енергетика в Україні повинна пройти шлях визнання.

Аналіз останніх досліджень. Сонячне випромінювання є одним із невичерпних і екологічно чистих джерел енергії. Величина енергії, яка надходить на Землю від Сонця, є дуже великою – близько  $67 \cdot 10^6$  кВт·год. в рік (потік сонячної енергії, який досягає земної поверхні, у 13 тис. раз більший від сумарної енергії, яка виробляється на сьогодні в світі).

Близько 60% промислових сонячних електростанцій зосереджені у південних та південно-східних областях України, де відбуваються активні бойові дії. Як показує досвід, за рахунок використання сонячної енергії (в регіонах півдня України, Криму) можна зекономити приблизно 30...40 % палива в опалювальний період. Досвід роботи геліотепліць з акумуляцією теплоти показує, що можна зекономити біля 450 т умовного палива з 1 га за рік.

За свідченнями керівників компаній, сонячна генерація зазнає найбільших втрат від російських окупантів. Причина цьому – велика площа розміщення об'єктів промислової сонячної генерації. Так, за різними оцінками (уточнюється через розташування об'єктів генерації у зоні ведення активних бойових дій) постраждало 30-40% електростанцій у регіонах, що потерпають від російського вторгнення, – 1120-1500 МВт встановленої потужності.

Найбільше постраждали промислові сонячні електростанції, які розташовані у Миколаївському енергетичному вузлі. Так, сонячний парк компанії Solar Generation (22 МВт) зазнав обстрілу із артилерійської зброї, а через тиждень – з гелікоптера, на території знаходився снаряд, що здетонував після повторного обстрілу. Крім того, увімкнення об'єктів у генерацію неможливе через руйнування 5,5 км лінії електропередач 150 кВ, що живить місто Миколаїв [2].

Також відомо про знищення 100% генеруючих потужностей сонячних електростанцій у Харківській області.

Разом з тим, збережені промислові сонячні електростанції не працюють на повну потужність, оскільки, майже щоденно на весь світловий день отримують диспетчерські команди на обмеження генерації для забезпечення надійності енергосистеми.



У таких умовах зникає рентабельність цих об'єктів, враховуючи, що у більшості випадків вони закредитовані або рефінансовані українськими банками та міжнародними фінансовими установами.

На початок 2022 в Україні введено в експлуатацію 1,2 ГВт сонячних електростанцій приватних домогосподарств. Статистика розміщення приватних СЕС та накладання її на місця обстрілів населених пунктів в Україні показує, що оціночно зруйновано близько 280 МВт (24%) встановленої потужності [2].

Мета досліджень. Аналіз сучасного стану використання сонячної енергії та шляхи її відновлення у післявоєнний час.

Результати досліджень. Приєднання України до програми розвитку альтернативної енергетики у 2008 році, а також «зелений» тариф на електроенергію, прийнятий у 2009 році, позитивно вплинули на інвестиції у галузь сонячної електроенергетики. Крім цього, українська держава прийняла ряд законів, спрямованих на розвиток альтернативної генерації електроенергії. З кожним роком все більше власників приватних домогосподарств звертають увагу на сонячні електростанції через економію на комунальних платежах, а також можливий заробіток за допомогою «зеленого» тарифу. За підсумками 2021 року в Україні нараховується близько 45 000 домогосподарств, які використовують сонячні батареї та заощаджують на рахунках за електроенергію. Загальна потужність таких сонячних станцій більше 1,2 ГВт [3].

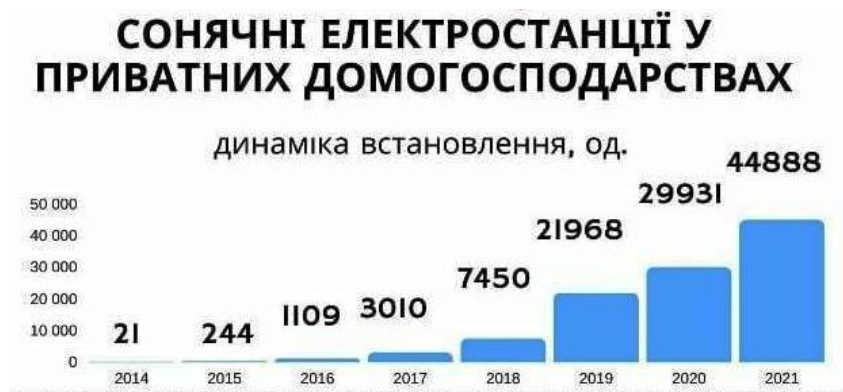


Рис. 1. Розвиток впровадження сонячних електростанцій в приватних господарствах.

Сонячна енергетика вже досягла необхідного технічного та економічного рівня для широкого впровадження. Вони дозволяють забезпечувати зростаючі потреби в електроенергії, заміщуючи старі потужності вугільної енергетики. В поєднанні з іншими відновлюваними джерелами (геотермальна, біо- та гідроенергетика) і технологіями зберігання та перетворення енергії, можна повністю забезпечити всі потреби суспільства в енергії. Енергоефективність – рушій сталої трансформації енергетичного сектору. Це дослідження показує, що умови

енергетичного переходу мають не лише економічну вигоду, а й соціальну. Впровадження заходів з енергоефективності та розвиток генерації з відновлюваних джерел допомагає скорочувати викиди парникових газів.

Висновки. Підвищення енергоефективності та енергозбереження є найбільш дешевим способом задоволення енергетичних потреб населення та економіки в цілому. Інвестувати у ці галузі доцільніше, ніж у виробництво додаткових енергоресурсів;

- виробництво електроенергії до 2050 р. здійснюватиметься усіма наявними в Україні «зеленими» технологіями, які стрімко вдосконалюються і здешевлюються. Найбільш перспективним серед них є біоенергетичні технології, сонячна та вітрова енергетика;

- перехід на 100% “зеленої” енергії потребуватиме будівництва акумулюючих потужностей (до 5% від загальної встановленої потужності електростанцій). Вони мають допомагати в забезпеченні прогнозованості та надійності роботи сонячних електростанцій;

- надати зруйнованим та пошкодженим об’єктам зеленої енергетики доступ до нового Фонду для відновлення в Україні зруйнованої війною енергетичної інфраструктури, який створено Європейським енергетичним співтовариством [2].

#### Список використаних джерел

1. Зінкевич Д. Перспективи і проблеми сонячної енергетики. Чи можна заробляти на сонці? [Електронний ресурс] / Дмитро Зінкевич. 2020. – Режим доступу до ресурсу: [https://sunsayenergy.com/technology/perspektivi-i-problemi-sonyachnoyi-energetiki-chi-mozhna-zaroblyati-na-sonci?utm\\_source=google&utm\\_medium=cpc&utm\\_campaign=iw/pmax/kiev+obl/station\\_avtonomnoe\\_pitanie&utm\\_term=&gclid=Cj0KCQjw-fmZBhDtARIsAH6H8qjaeBRFec7f8EVdaX8x4-ia8NaYbGuGAeTh4bGJA1LnccTxR\\_k858AaAgSBEALw\\_wcB](https://sunsayenergy.com/technology/perspektivi-i-problemi-sonyachnoyi-energetiki-chi-mozhna-zaroblyati-na-sonci?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=iw/pmax/kiev+obl/station_avtonomnoe_pitanie&utm_term=&gclid=Cj0KCQjw-fmZBhDtARIsAH6H8qjaeBRFec7f8EVdaX8x4-ia8NaYbGuGAeTh4bGJA1LnccTxR_k858AaAgSBEALw_wcB).

2. Зелена енергетика в Україні на межі банкрутства. Що далі? [Електронний ресурс] // Економічна правда. 2022. Режим доступу до ресурсу: <https://www.epravda.com.ua/columns/2022/04/10/685513/>.

3. Топ-3 найочікуваніших змін у сонячній енергетиці в 2022 році [Електронний ресурс] // Новини зеленої енергетики. 2022. Режим доступу до ресурсу: [https://generacia.org.ua/top\\_3\\_changes?gclid=Cj0KCQjwnP-ZBhDiARIsAH3FSRfOb3\\_uVQgzDD9EN2DH8HYCuMJVeJx0x-rxgbvPy7Qh5O23bZNIS4saAgPOEALw\\_wcB](https://generacia.org.ua/top_3_changes?gclid=Cj0KCQjwnP-ZBhDiARIsAH3FSRfOb3_uVQgzDD9EN2DH8HYCuMJVeJx0x-rxgbvPy7Qh5O23bZNIS4saAgPOEALw_wcB).



УДК 637.134

## СУЧАСНИЙ СТАН СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ВИРОБНИЦТВА МОЛОКА

Лубенець Р. А., Сіренко Ю. В.

Сумського національного аграрного університету

Постановка проблеми. Аналіз систем автоматизації процесу пастеризації молока молочних цехів фермерських господарств України.

Пастеризація молока та молочних продуктів набула широкого поширення у всіх країнах світу. Вона дозволяє значно підвищити термін зберігання та реалізації продукції. Процес пастеризації завжди вважався енергоємним з позиції використання різних видів енергії. В умовах енергетичного дефіциту актуальним питанням для промислових підприємств молокопереробної галузі стає питання економного використання енергії процесу пастеризації [1].

### Аналіз останніх досліджень.

| Основні технічні характеристики ванн тривалої пастеризації типу ВТП                                      |                              |                |                |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|----------------|----------------|
| Показники                                                                                                | Об'єм ванни, дм <sup>3</sup> |                |                |
|                                                                                                          | 300                          | 600            | 1000           |
| Температура пастеризації молока, °C                                                                      | 63-95                        |                |                |
| Тиск пару, кПа                                                                                           | 10-30                        |                |                |
| Частота обертання мішалки, с <sup>-1</sup>                                                               | 2,7-3,0                      |                |                |
| Діаметр, мм зливної труби                                                                                | 32                           |                |                |
| трубопроводів подачі води                                                                                | 25                           |                |                |
| трубопроводів подачі пару                                                                                | 25                           |                |                |
| Витрата пару на нагрів кг/год                                                                            | 40                           | 80             | 100            |
| Теплообмінна поверхня, м <sup>2</sup>                                                                    | 2,0                          | 3,5            | 5,1            |
| Місткість водяної сорочки, дм <sup>3</sup>                                                               | 100                          | 120            | 107            |
| Встановлена потужність електродвигуна мішалки, кВт                                                       | 0,6                          | 0,75           | 0,75           |
| Габаритні розміри, мм                                                                                    | 1290/925/1370                | 1880/1410/1660 | 1880/1410/2015 |
| Маса, кг                                                                                                 | 165                          | 535            | 625            |
| призначені для нагріву, пастеризації і охолодження молока, кисломолочних напоїв і інших молочних сумішей |                              |                |                |

| Технічна характеристика пластинчастих пастеризаційно-охолоджувальних установок для молока марки ПТ                     |               |               |                |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------|----------------|
| Показник                                                                                                               | ПТ-500        | ПТ-1000       | ПТ-3000        |
| Витрата, л/год                                                                                                         | 500           | 1000          | 3000           |
| Температура молока, °C                                                                                                 |               |               |                |
| на вході                                                                                                               | 5-10          | 5-10          | 5-10           |
| нагріву(пастеризації)                                                                                                  | 76-80         | 76-80         | 76-80          |
| охолодження                                                                                                            | 2-6           | 2-6           | 2-6            |
| Коефіцієнт регенерації, не менше                                                                                       | 0,85          | 0,9           | 0,9            |
| Час витримки молока при температурі пастеризації, с                                                                    | 25            | 25            | 25             |
| Температура холодоносія, °C                                                                                            | 0-1           | 0-1           | 0-1            |
| Кратність холодоносія                                                                                                  | 4             | 3             | 2              |
| Тиск підводу, кПа, не менше                                                                                            | 150           | 150           | 150            |
| Встановлена потужність, кВт                                                                                            | 18            | 24            | 50             |
| Потужність, споживча установкою під час пастеризації, кВт                                                              | 9             | 15            | 30             |
| Габаритні розміри, мм                                                                                                  | 2150/900/1845 | 2150/900/1845 | 2715/1225/2215 |
| Площа, м <sup>2</sup>                                                                                                  | 1,7           | 1,7           | 3,3            |
| Маса установки, кг                                                                                                     | 500           | 550           | 1050           |
| використовується для пастеризації і наступного охолодження рідких харчових продуктів в закритому безперервному потоці, |               |               |                |

Рис. 1. Порівняння характеристика пастеризаторів пастеризаційно-охолоджувальних установок та ванн тривалої пастеризації [1], [3].

| Технічна характеристика пастеризаторів з роторним нагрівачем                                                                                      |                         |                        |                        |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|
| Показник                                                                                                                                          | ПМР-0,2                 | ПМР-0,2-1              | ПМР-0,2-2              |
| Витрати, л/год                                                                                                                                    | 500                     | 1000                   | 1800                   |
| Температура молока, поступаючого на обробку, °C                                                                                                   | 10-30                   | 10-30                  | 10-30                  |
| Температура пастеризації молока, °C                                                                                                               | 74-96                   | 74-96                  | 74-96                  |
| Тривалість витримки молока при температурі пастеризації, с                                                                                        | 15-20                   | 15-20                  | 15-20                  |
| Температура охолодженого молока (при температурі холодоносія 1-3 °C та інтенсивності подачі не менше 1,5 м³/год), °C                              | 6-10                    | 6-10                   | 6-10                   |
| Тривалість прогріву установки                                                                                                                     | 10                      | 10                     | 10                     |
| Тип фільтру                                                                                                                                       | Некратний або сітчастий |                        |                        |
| Клас чистоти молока                                                                                                                               | I                       |                        |                        |
| Встановлена потужність, кВт                                                                                                                       | 6,5                     | 11,7                   | 15,0                   |
| Габаритні розміри, мм                                                                                                                             | 1100/<br>750/<br>1500   | 1100/<br>1000/<br>1500 | 1200/<br>1100/<br>1500 |
| Маса установки, кг                                                                                                                                | 250                     | 300                    | 400                    |
| Призначений для пастеризації, витримки, фільтрації і охолодження молока. При необхідності пастеризатор налаштовують на режим стерилізації молока. |                         |                        |                        |

| Технічна характеристика пастеризаторів трубчастих                                                                                                                        |              |                |               |         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|----------------|---------------|---------|
| Показник                                                                                                                                                                 |              | Одиниця виміру | Модельний ряд |         |
|                                                                                                                                                                          |              |                | ПТУ-5         | ПТУ-10  |
| Продуктивність                                                                                                                                                           |              | л/год          | 5 000         | 10 000  |
| Кількість робочих секцій                                                                                                                                                 |              | шт             | 2             | 2       |
| Температура продукту                                                                                                                                                     | початкова    | °C             | 10            | 10      |
|                                                                                                                                                                          | пастеризації | °C             | 85-90         | 85-90   |
| Витрати теплоносія на 1 тонну продукції                                                                                                                                  | пари         | кг/год         | 55            | 98      |
|                                                                                                                                                                          | гарячої води | куб.м/год      | 10            | 20      |
| Площа теплообміну                                                                                                                                                        |              | кв.м           | 4,5           | 9,0     |
| Тиск пари                                                                                                                                                                |              | МПа            | 0,1-0,3       | 0,1-0,3 |
| Габаритні розміри                                                                                                                                                        |              | мм             | 1400х         | 1400х   |
|                                                                                                                                                                          |              |                | 1100х         | 1200х1  |
|                                                                                                                                                                          |              |                | 1700          | 950     |
| Призначення                                                                                                                                                              |              |                |               |         |
| Установка ефективно використовується у випадках, коли подальший процес обробки молока відбувається при температурі, яка мало відрізняється від температури пастеризації. |              |                |               |         |

Рис. 2. Порівняння характеристика пастеризаторів з роторним нагрівачем та трубчастих пастеризаторів [2], [4].

Мета досліджень. Удосконалення системи автоматизації процесу пастеризація молока. Покращення рівня автоматизації процесів для отримання вимог, що можуть забезпечити необхідну кількість відповідної якості кінцевого продукту.

Результати досліджень. Пастеризація здійснюється для знищення хвороботворних мікроорганізмів, ефективність її залежить від температури і тривалості нагрівання продукту. Для різних видів молочних продуктів режими пастеризації різняться і обумовлені знищенням мікрофлори і технологічними властивостями, які необхідно надати молочним продуктам.

У вітчизняній промисловості для пастеризації молока часто використовують трубчасті пастеризатори. Тому, що вони є прості і надійні в роботі, також забезпечують теплову обробку продукту при високих температурах. Але вони мають ряд суттєвих недоліків

Беручи до уваги порівняння пастеризаторів різних типів раціонально буде використовувати пластинчасті пастеризатори так як вони мають ряд таких переваг над іншими агрегатами:

- мала робоча місткість, що дозволяє приладам автоматики точніше відстежувати хід технологічного процесу;
- здатність працювати досить ефективно за мінімального теплового натиску мінімальні теплопритоки та втрати теплоти та холоду;

- суттєва економія (80...90 %) теплоти в секціях регенерації (питома витрата пари в пластинчастих установках у 2-3 рази менша, ніж у трубчастих, і в 4-5 разів, ніж у ємнісних теплообмінниках);
- мала установча площа (пластинчаста установка займає приблизно 4 рази меншу поверхню, ніж трубчаста аналогічної продуктивності);
- можливість змінювати кількість пластин у кожній секції, що дозволяє адаптувати теплообмінний апарат до конкретного технологічного процесу
- можливість безрозбірного циркуляційного миття апаратури;
- невисокі показники енергоспоживання;
- повернення продукту на перепастеризацію, у випадку пониження температури пастеризації можливість підключення до СІР-станції [4].

Висновок. Результати порівняння показали, що при пастеризації молока раціонально використовувати у системах автоматизації процесу пастеризації молока молочних цехів фермерських господарств України саме пластинчасті пастеризатори у зв'язку з тим, що вони мають вагомий ряд переваг над іншими.

#### Список використаних джерел

1. Бондаренко Р. М. Обробка молока гідродинамічною кавітацією [Електронний ресурс] / Р. М. Бондаренко, Н. В. Семінська // Магістерська робота. 2019. Режим доступу до ресурсу: <https://pgm.kpi.ua/downloads/magistry/2018/Bondarenko.pdf>.
2. Пастеризатори трубчасті, підігрівачі [Електронний ресурс] // ТХЛ Палладіум. 2018. Режим доступу до ресурсу: <https://www.palladium-milk.com.ua/ukr/catalog/trubchatye-pasterizatory/>.
3. Пастеризаційна охолоджувальна установка для молока. Пристрій та принцип роботи пластинчастої пастеризаційно-охолоджувальної установки. Опис технологічного процесу [Електронний ресурс] // santorpack. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://santorpack.ru/uk/school-of-design/pasterizacionnaya-ohladitelnaya-ustanovka-dlya-moloka-ustroistvo-i-princip.html>.
4. Пастеризаційно-охолоджувальна установка для приймальної дільниці молока [Електронний ресурс] // Калинівський машинобудівний завод. 2022. Режим доступу до ресурсу: <https://kmbp.com.ua/produksiya/rishennia-dlia-molochnoi-promyslovosti/pasterizatori-ta-okholodzhuvachi/pasteryzatsiino-okholodzhuvalna-ustanovka-dlia-pryimalnoi-dilnytsi-moloka>.

УДК 637.134

## **СТАН СИСТЕМ ЕЛЕКТРИФІКАЦІЇ ТА АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ ВИРОБНИЦТВА МОЛОКА**

*Бурнос С. М., Сіренко Ю. В.*

*Сумського національного аграрного університету*

Постановка проблеми. Аналіз електрифікації та систем автоматизації технологічних процесів виробництва та пастеризації молока.

Якість та термін придатності молока значною мірою залежать від умов первинної обробки та переробки. Теплова обробка служить для збільшення терміну придатності молока, його дезінфікування, так само нагрівання сприяє підвищенню початкової якості молока. Термічна обробка є однією з основних технологічних операцій у переробки молока, що дозволяє забезпечити санітарне благополуччя продуктів його переробки. Здатність молока витримувати високі температури обумовлюється його білковим, сольовим складом та кислотністю, які у свою чергу залежать від сезону року, періоду лактації тварин, а також породи, фізіологічного стану організму тварини [1].

Основними споживачами електроенергії у процесі виробництва молока є механізми та обладнання, що забезпечують проведення технологічних процесів та операцій на фермах та комплексах. Сучасний тваринницький комплекс, за енергонасиченістю та кількістю електрифікованих механізмів та апаратів не має собі рівних у сільськогосподарському виробництві. Погіршення якості електричної енергії приводить до порушення нормальної роботи електроприймачів. При цьому зміна різних показників по-різному впливає на роботу окремих видів приймачів.

Аналіз останніх досліджень. Найпоширенішим молочним продуктом є питне молоко, яке входить в щоденний раціон харчування всіх категорій людей, особливо дітей. Сучасні технології пастеризованого молока базуються на багаторічних дослідженнях вітчизняних, зарубіжних вчених, а також досвід спеціалістів переробних підприємств молочної галузі країни. Існуючі на сьогоднішній день технології виробництва питного пастеризованого молока не є досконалими. Основна причина цього: втрата в процесі переробки функціональних властивостей молока як унікальної біологічної рідини; нетривалі терміни зберігання молока; обмеженість науково-обґрунтованих рекомендацій щодо комплексної переробки сировини з залученням досконалого високопродуктивного обладнання і біологічно активних речовин.

Теплова обробка молока це цілий комплекс режимів впливу температури та тривалості витримки при її збереження. Тривалість

витримки при заданій температурі повинна бути таким, щоб було досягнуто необхідного ефекту теплової обробки (пастеризації) [1], [2]. Процес термообробки переслідує дві мети: знищення патогенних мікроорганізмів для отримання продукту безпечного для споживання і максимальне зниження загального бактеріального обсіменіння молочних продуктів для підвищення їх стійкості при зберіганні.

Мета роботи – розробити параметричний ряд енергозберігаючих установок високотемпературної пастеризації молока, який би дав можливість запобігати утворенню пригару на теплообмінній поверхні, підвищити ефективність теплообміну і заощадити енергоресурси.

Для досягнення поставленої мети потрібно:

- з урахуванням переваг та недоліків відомого обладнання для пастеризації створити на його основі удосконалене більш ефективне обладнання аналогічного призначення [3].

Результати досліджень. Актуальною проблемою в комплектах обладнання для високотемпературної обробки, що вимагає кардинального рішення, є створення ефективного високотемпературного пастеризатора.

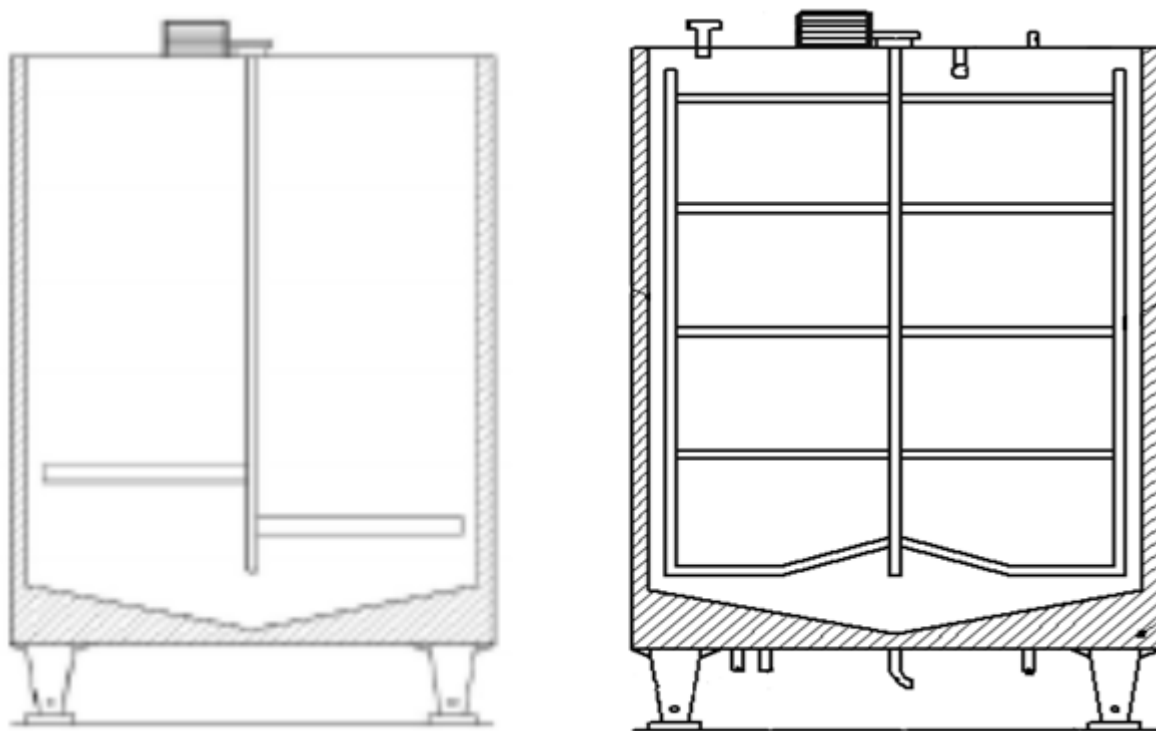


Рис. 1. Ванна для пастеризації до і після модернізації.

Ванна пастеризаційна призначена для пастеризації молока, приготування кисломолочних продуктів та виробничих заквасок, вона складається з внутрішньої нержавіючої ванни, укладеної в двостінний зовнішній корпус термоізоляцією (рис. 1). Під внутрішньою ванною розміщена паророзподільна головка, до якої через систему трубопроводів підводяться пара та холодна вода. Мішалка обертається від приводу,

встановленого на кришці ванни, та забезпечує ретельне перемішування продукту. Підйом та опускання кришки проводяться вручну за ручки, розташовані на одній із напівкришок. У ванні встановлено термоперетворювач опору, який при зміні температури продукту подає сигнал на шафу управління процесами пастеризації, охолодження та сквашування продукту. Готовий продукт зливається через молочний кран. Всі деталі та вузли, що стикаються з продуктом, а також облицювання ванни виготовлені з нержавіючої сталі [1].

В результаті, встановивши рамно-лопатеву мішалку в ємнісний витримувач, ми домоглися:

- рівномірного розподілу температури у витримувачі;
- ефективність пастеризації;
- скорочення електроенергії;
- скорочення часу пастеризації;
- скорочення часу роботи оператора.

Розглянувши економічне обґрунтування проекту, нами було виявлено, що при додаткових капіталовкладеннях у межах 12 тис. грн. річна економія складе близько 8 тис. грн., А термін окупності - близько 1,5 років.

Висновок. Сучасні засоби автоматизації та механізації, що застосовуються на конструйованих теплообмінниках, дозволяють досягати мінімально можливої різниці в температурі (аж до 2°C) між гріючим і нагріваним середовищем. Це відкриває нові можливості з управління впливом процесу теплообміну на якість готової продукції, а також різко знижує утворення нагару продукту на стінки та робочі органи апаратів. Провівши модернізацію пастеризаційної ванни, досягли більш рівномірного нагріву всього обсягу молока при мінімальних витратах енергії.

#### Список використаних джерел

1. Бузоверов С. Ю. Анализ процесса термообработки и модернизация технологического оборудования для переработки молока / С. Ю. Бузоверов, Ф. Н. Воробьев. // Переработка продукции сельского хозяйства. 2016. №10(144). С. 142–146.

2. Машкін М. І. Модифікація технології питного пастеризованого молока з довготривалим терміном зберігання [Електронний ресурс] / М. І. Машкін, В.Ф. Могутова / Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних і харчових виробництв. Харків, 2013. Вип. 140. С. 11-19.

3. Майборода Ю. В. Універсальне енергозберігаюче пастеризаційне обладнання для виробництва жирових продуктів / Ю. В. Майборода, І. А. Зогуляк. // Техніка, енергетика, транспорт АПК. – 2019. – С. 63–70.

УДК 62-523.6

## БЕЗПЕРЕРВНА РЕЄСТРАЦІЯ ДАНИХ ПРИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ ЕЛЕКТРОТЕПЛОМЕХАНІЧНОЇ СИСТЕМИ БІОГАЗОВОГО РЕАКТОРА

*Заблодський М. М., Сподоба М. О.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

На сьогоднішній день, біогазові технології є одними з найпрогресивніших, економічно та екологічно вигідним рішенням для утилізації накопичених відходів рослинництва та тваринництва з метою отримання біогазу. Утилізація відходів відбувається шляхом зброджування останніх у біогазових реакторах, при дотриманні встановлених параметрів: температури, режиму перемішування, рівня кислотності та інших фізико-хімічних складових відходів, що зброджуються. Продуктивність біогазової установки знаходиться у функціональній залежності від температурного режиму анаеробного бродіння. Температура має вплив на кількість та якість утвореного біогазу з одного кілограму сухої органічної речовини протягом проміжку часу та бродіння у реакторі [1]. Не зважаючи, на широке розповсюдження та стрімкий розвиток біогазових технологій у країнах світу, залишається актуальним питання дослідження та розробок енергетично ефективних систем для інтенсифікації процесу анаеробного зброджування органічного субстрату, а саме: перемішування та підігріву.

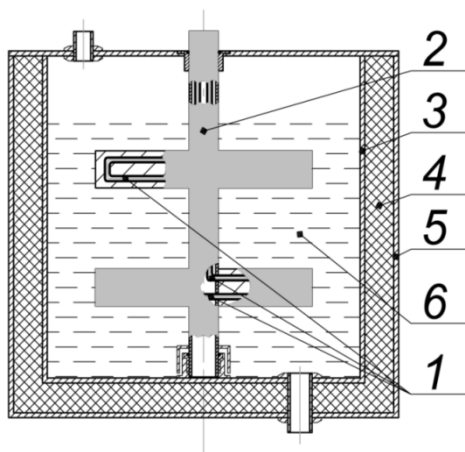


Рис. 1. Структурна схема електротепломеханічної системи для перемішування та підігріву субстрату у біогазовому реакторі [2]: 1 – електричний нагрівальний кабель; 2 – лопатева двоярусна мішалка з лопатями розміщеними під кутом; 3 – біогазовий реактор; 4 – утеплювальний матеріал; 5 – захисний металевий кожух; 6 – субстрат.



Запропонована електротепломеханічна система для перемішування та підігріву субстрату у біогазовому реакторі (рис. 1) за теоретичними розрахунками, дозволяє знизити тривалість підтримки стабільної температури бродіння на 16 хвилин [2], у порівнянні з «класичною» системою електричного підігріву – нагрівальний кабель розміщений на стінці біогазового реактора.

У роботі біогазового реактора виділяють три основні етапи: процес початкового нагріву субстрату до температури бродіння; охолодження субстрату до температури ввімкнення підігріву; підтримка стабільної температури бродіння. Тому, стверджувати про енергоефективність системи інтенсифікації біогазового виробництва можливо тільки на основі результатів проведених теоретичних та практичних досліджень витрати енергії на кожну із стадій [3]. Через що, для практичних досліджень, було виготовлено експериментальну установку біогазового реактора (рис. 2) з електротепломеханічною системою (рис. 3).



Рис. 2. Зовнішній вигляд експериментальної біогазової електротепломеханічної системи установки



Рис. 3. Зовнішній вигляд

Враховуючи, що процес анаеробного зброджування є довготривалим, а у ході експериментальних досліджень використовується 23 датчики, процес реєстрації даних набуває складного характеру. Тому, з метою отримання повної картини зміни процесів, котрі відбуваються протягом циклу бродіння, при експериментальних дослідженнях енергоефективності електротепломеханічної системи (рис. 3), було розроблено та створено на базі Arduino систему безперервного контролю та реєстрації інформації зі збереженням на карти пам'яті з вимірювального обладнання. Для цього, використано чотири мікроконтролери Arduino Nano V3 ATmega328P-AU до кожного з яких, власноруч, за допомогою програмної мови Arduino IDE, розроблено алгоритми та підключено власну групу вимірювального



обладнання. Зовнішній вигляд системи безперервного контролю та реєстрації інформації наведено на рис. 4.

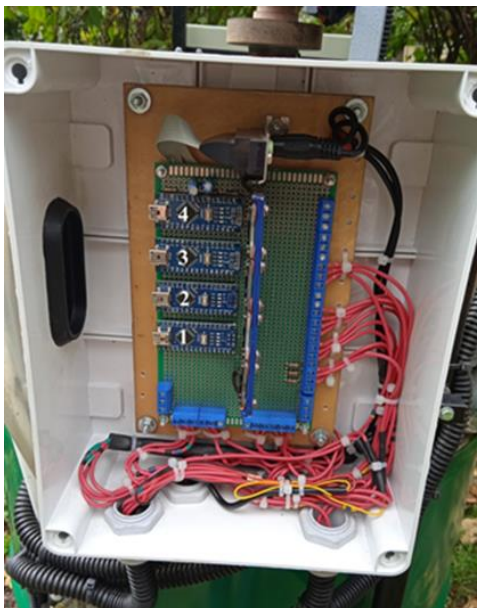


Рис. 4. Зовнішній вигляд системи безперервного контролю та реєстрації інформації.

Мікроконтролери №1–4 виконують функцію безперервного контролю та реєстрації інформації із вимірювального обладнання. На базі мікроконтролера (1) рис. 4 побудовано систему автоматичного керування перемішуванням та електричним підігрівом субстрату у біогазовому реакторі. До аналогових та цифрових входів мікроконтролера під'єднані вісім проміжних реле, сім вологозахисних датчиків температури DS18B20, три з яких вимірюють температуру субстрату у реакторі та дають команду на ввімкнення-вимкнення системи підігріву, чотири датчики – вимірюють температуру нагрівального кабелю змонтованого у лопатях мішалки. В основу розробленої системи керування електротепломеханічною системою, покладено наступні задачі:

- керування процесом перемішування;
- керування процесом підігріву;
- виконання функції двопозиційного регулятора підтримки температури нагрівального кабелю вмонтованого у лопаті двоярусної мішалки (рис. 1).
- одночасно з автоматичним керуванням відбувається реєстрація даних з вимірювального обладнання зі збереженням на карту пам'яті.

Пристрій автоматичного керування одночасно виконує дві функції управління перемішуванням, а саме: фіксоване управління, що виконується за часовою програмою та динамічне управління – відповідно до показів датчиків температури та вмикання-вимикання системи підігріву.

Керування секціями підігріву відбувається у різноманітному поєднанні, у відповідності до отриманих даних із датчиків температури. Використання такої системи керування секціями підігріву дозволяє створити рівномірність нагріву всього об'єму субстрату при зменшенні споживання енергії у результаті вмикання нагрівачів на різну потужність.

З використанням підчас експериментальних досліджень розробленої системи безперервного контролю та реєстрації було отримано масиви даних, кількість виміряних значень з усіх датчиків складає 9000000 значень за один етап експериментальних досліджень.

Використання розробленої системи безперервного контролю та реєстрації інформації, не обмежується лише дослідженням електротепломеханічної системи, її можливо використовувати для реєстрації параметрів з вимірювальних датчиків при різноманітних експериментальних дослідженнях електричних, механічних та хімічних процесах.

#### Список використаних джерел

1. WBA. Global Potential of Biogas; World Biogas: London, 2019.
2. Zablodskiy M., Spodoba M. Dynamic Analysis of Energy Consumption During Substrate Fermentation in a Biogas Reactor, 2021 IEEE 2nd KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek), 2021, pp. 147-152.
3. Заблодський М.М, Сподоба М.О., Сподоба О.О. Експериментальне дослідження витрати енергії на процес початкового нагріву субстрату за використання електротепломеханічної системи. Електротехніка та електроенергетика. 2022, №1. 49-59 с.

УДК 662.659

### **ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ ПОВІТРЯ-ДУТТЬОВОГО ВУЗЛА НА РІВНОМІРНІСТЬ РОЗПОДІЛУ ПОВІТРЯНИХ МАС В ГАЗОГЕНЕРАТОРІ**

*Голуб Г. А., Цивенкова Н. М.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*Чуба В. В.*

*Білоцерківський національний аграрний університет*

*Омаров І. С.*

*Інститут відновлюваної енергетики НАН України*

Постановка проблеми. В зв'язку з ростом цін на енергоносії постає питання підвищення ефективності конверсії рослинної біомаси в енергію з розробкою відповідних технологічних процесів і засобів виробництва.

Аналіз останніх досліджень. Одним з перспективних напрямків виробництва енергії є хіміко-термічна конверсія біомаси в горючий генераторний газ [1, 2]. Якість виробленого генераторного газу, його екологічні та технічні показники залежать від параметрів технологічного процесу, найбільш вагомими з яких є режим повітряного дуття [3]. З метою дослідження впливу режиму дуття на якість виробленого газу та обґрунтування оптимальних технологічних рішень сучасна світова практика застосовує методи імітаційного моделювання. Імітаційне моделювання дозволяє зменшити кількість та складність експериментальних досліджень, суттєво скоротити час та інвестиції на проектні роботи, виконувати кількісну та якісну оцінку аеродинамічних, тепло- та масообмінних процесів з високою для інженерних робіт точністю [4].

Мета дослідження – шляхом імітаційного моделювання встановити вплив конструкційно-технологічних параметрів газо-дутьового вузла на рух струменів повітря в робочому об'ємі газогенератора і рівномірність перекриття струменями поперечного перерізу камери на межі зон окислення і відновлення. Це дозволить підвищити ефективність процесу виробництва газу з біомаси.

Матеріали та методи дослідження. За допомогою ANSYS Fluent моделювали рух струменів повітря: у вертикальному перерізі газогенератора; у поперечному перерізі, який проходить через центральний повітряний отвір  $\varnothing 10$  мм камери газифікації (зона окислення); у вертикальному напрямку на вході в зону відновлення камери газифікації. Площа поперечного перерізу газогенератора –  $0,037 \text{ м}^2$ , швидкість повітряного потоку –  $0,019 \text{ кг/с}$ , об'ємна витрата повітря –  $0,016 \text{ м}^3/\text{с}$ , середньозважене за площею значення швидкості –  $0,43 \text{ м/с}$ . Моделювання виконано для семи конструкцій газо-дутьового вузла газогенератора. Конструкції відрізнялися кількістю дутьових отворів та способом їх розміщення на поверхні камери: 1) отвори  $\varnothing 23,12$  мм нарізані в ряд; 2) отвори  $\varnothing 7,97$  мм,  $\varnothing 9$  мм,  $\varnothing 10$  мм,  $\varnothing 11$  мм та  $\varnothing 13$  мм розташовані в 5 рядів; 3) отвори  $\varnothing 7,97$  мм,  $\varnothing 9$  мм,  $\varnothing 10$  мм,  $\varnothing 11$  мм та  $\varnothing 13$  мм розташовані в 5 рядів із зміщенням на  $45^\circ$ ; 4) отвори ( $\varnothing 9,97$  мм та  $\varnothing 11$  мм) і ( $\varnothing 13$  мм та  $\varnothing 15$  мм) розташовані попарно в 4 ряди під кутом  $45^\circ$  до радіуса камери зі зміщенням на  $45^\circ$ , отвори п'ятого ряду  $\varnothing 12$  мм нарізані радіально; 5) по два отвори  $\varnothing 9,97$  мм,  $\varnothing 11$  мм,  $\varnothing 13$  мм та  $\varnothing 15$  мм розташовані в 4 ряди під кутом до радіуса камери  $45^\circ$  у протилежних напрямках і попарно зміщені на  $45^\circ$ , отвори п'ятого ряду  $\varnothing 12$  мм нарізані радіально; 6) отвори  $\varnothing 7,97$  мм,  $\varnothing 9$  мм,  $\varnothing 10$  мм,  $\varnothing 11$  мм та  $\varnothing 13$  мм розташовані в 5 рядів під кутом  $45^\circ$  до радіуса із зміщенням на  $90^\circ$ ; 7) отвори  $\varnothing 7,97$  мм,  $\varnothing 9$  мм,  $\varnothing 10$  мм,  $\varnothing 11$  мм та  $\varnothing 13$  мм нарізані в 5 рядів під кутом  $45^\circ$  до радіуса із зміщенням на  $90^\circ$  (в отвори встановлено фурми).

Рівномірність подачі повітря в поперечному перерізі камери газифікації на межі зон окислення і відновлення визначалася за коефіцієнтом варіації (відношенням стандартного відхилення до середнього значення швидкості).

Результати досліджень. За результатами моделювання з-поміж усіх конструкцій газо-дутьового вузла найбільш ефективними є конструкції № 6 та № 7, про що свідчать притаманні їм найменші значення коефіцієнтів варіації (рис. 1). Оснащення газо-дутьового вузла фурмами (№ 7) суттєво не вплинуло на якісні показники розподілу потоків повітря в газогенераторі. Проте, висновки щодо ефективності конструкції № 7 без додаткових досліджень не є достовірними. Слід дослідити вплив геометрії, профілю, осьових та радіальних характеристик фурм на коефіцієнт стискання струменя повітря, від чого залежать швидкісні характеристики струменів та характер їх розподілу в об'ємі газогенератора.

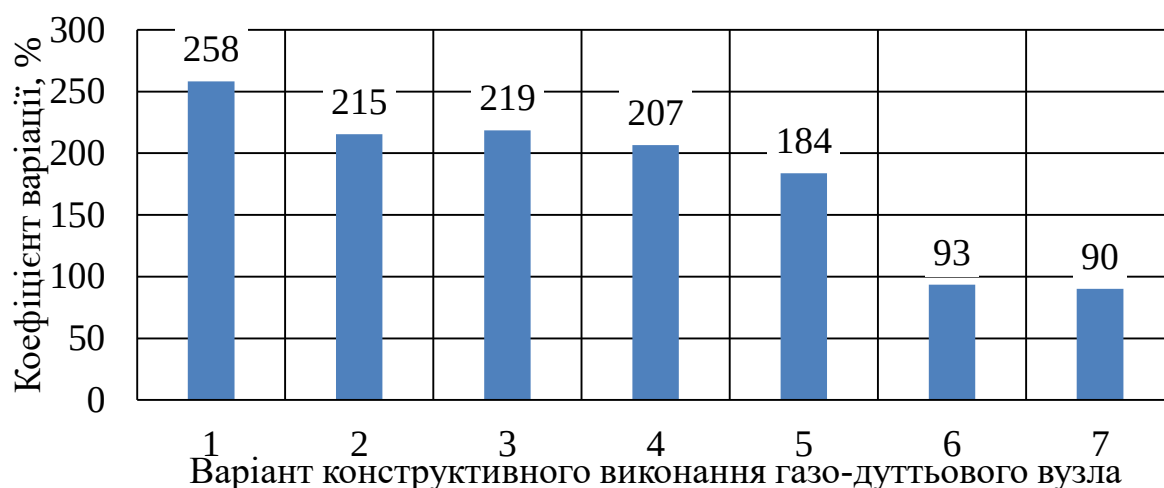


Рис. 1. Залежність коефіцієнту варіації від номеру конструктивного виконання газо-дутьового вузла газогенератора

Отже, в подальшому розглядатимемо конструкцію вузла № 6 (рис. 2). Для зазначеної конструкції мають місце лише незначні за площею (всього до 12 % від загальної площі перерізу газогенератора) зони з відсутністю руху повітряних мас. Це зони в центрі камери та біля стінки камери між дутьовими отворами. Швидкість повітряних мас на межі зон окислення і відновлення камери є вирівняною в усьому поперечному перерізі і складає  $V \approx 4,5$  м/с. Усереднене значення вертикальної складової швидкості повітряних мас у перерізі на вході в зону відновлення камери газифікації становить  $V \approx 0,6$  м/с.

Завдяки застосуванню ANSYS Fluent отримано зображення перекриття струменями повітря найбільш важливого, з точки зору процесу газифікації, поперечного перерізу камери газифікації на межі зон окислення і відновлення. Виявлено умови, за яких розподіл повітряних мас в

характеристичних перерізах газогенератора буде максимально рівномірним. Це забезпечить високий температурний режим в зонах окислення і відновлення та в газогенераторі загалом, сприяючи виробництву синтез-газу з сільськогосподарської рослинної сировини з високою теплотворною здатністю та відсутністю смол, кислот, важких вуглеводнів і механічних домішок.

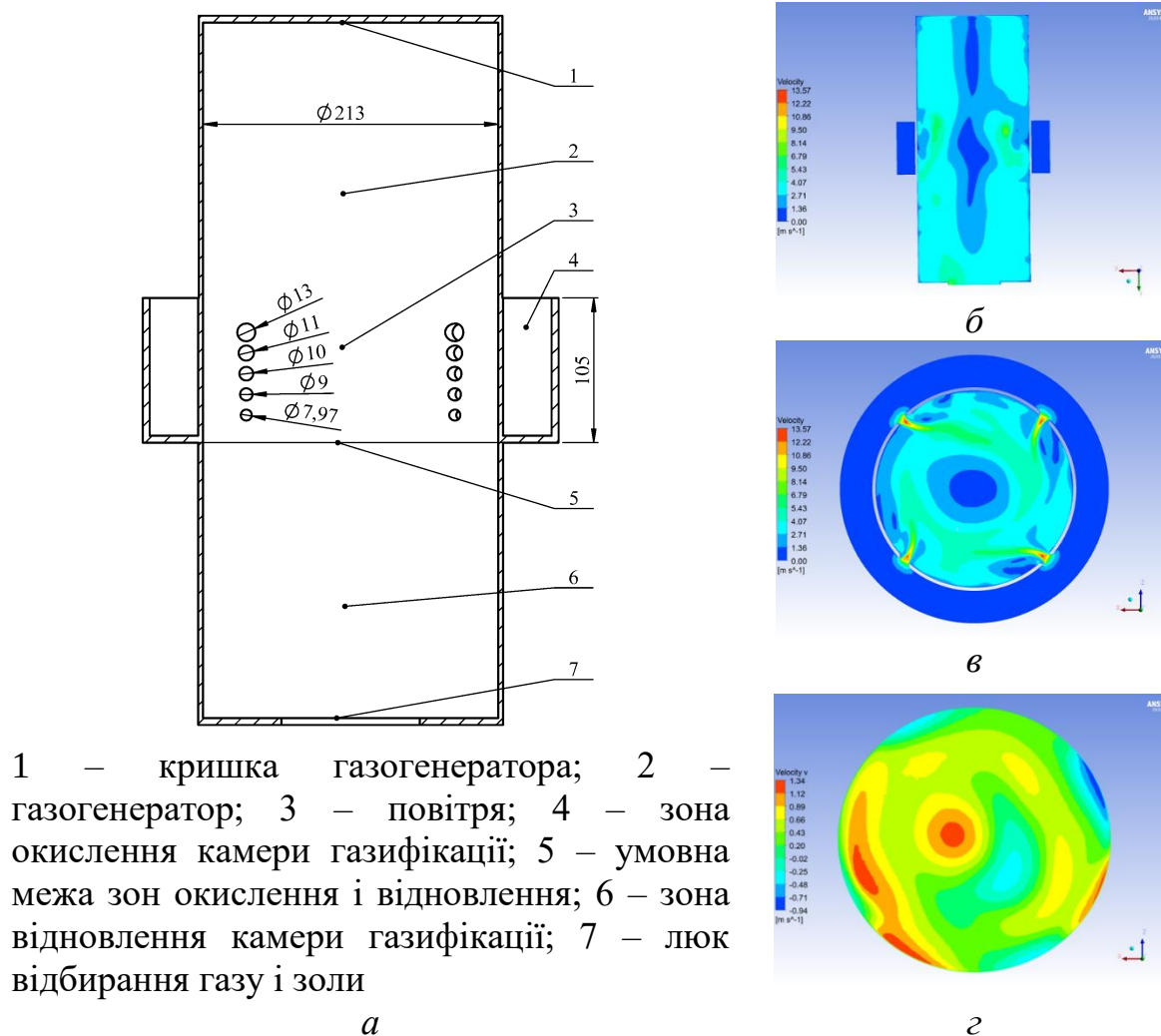


Рис. 2. Результати моделювання розподілу потоків повітря в газогенераторі, оснащеному газо-дутьтовим вузлом конструкції № 6: *a* – газогенератор; *б* – вертикальний переріз газогенератора; *в* – горизонтальний переріз, який проходить через центральний отвір зони окислення камери газифікації; *г* – переріз на вході в зону відновлення камери газифікації

#### Висновки.

1. Виконано імітаційне моделювання руху потоків повітря в газогенераторі залежно від конструкції газо-дутьтового вузла. Встановлено, що конструкція газо-дутьтового вузла № 6 забезпечує найбільш рівномірний рух струменів повітря в робочому об'ємі газогенератора  $\phi 213$  мм. Швидкість повітряних мас на межі зон окислення і відновлення камери є

вирівняною в усьому поперечному перерізі і складає  $V \approx 4,5$  м/с. Також досягається найвища рівномірність перекриття струменями повітря поперечного перерізу камери газифікації на межі зон окислення і відновлення. На практиці такий розподіл повітряних мас забезпечить найвищу ефективність виробництва синтез-газу з рослинної аграрної сировини, високий вміст в газі CO і  $H_2$  та високу теплотворну здатність газу.

2. Результати моделювання можуть бути використані при розробці сучасних вискоефективних конструкцій теплотехнічного обладнання з виробництва енергії з рослинної біомаси аграрного походження для задоволення енергетичних потреб фермерських та сільськогосподарських підприємств.

#### Список використаних джерел

1. Basu, P. (2018). Biomass gasification, pyrolysis and torrefaction: Practical design and theory (3rd ed.). San Diego: Elsevier Science Publishing Co Inc.
2. Jenkins, R.G. (2020). Thermal gasification of biomass – a primer. In Bioenergy (2<sup>nd</sup> ed.): Biomass to biofuels and waste to energy (pp. 293-324). New York: Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815497-7.00015-4>
3. Pavlenko, M., Chuba, V., Tsyvenkova, N., & Tereshchuk, M. (2020). An experimental study on biomass air-steam gasification effectiveness in a downdraft gasifier. Engineering for Rural Development, 19, 1831–1839. <https://doi.org/10.22616/ERDev.2020.19.TF495>.
4. Lestinsky, P., Palit, A. (2016). Wood Pyrolysis Using Aspen Plus Simulation and Industrially Applicable Model. GeoScience Engineering, LXII (1), 11–16. <https://doi.org/10.1515/gse-2016-0003>.

УДК 621.01:631.372

### **ДИНАМІКА УПРАВЛІННЯ МОБІЛЬНИМИ ОБ'ЄКТАМИ З РОЗПОДІЛЕНИМ ВЕКТОРОМ ТЯГИ**

*Грабар І. Г., Заєць М. Л.  
Поліський національний університет*

Постановка проблеми. Проблема підвищення ефективності керування та використання основних енергетичних засобів для виробництва с.-г. культур нині залишається однією із найактуальніших задач [1]. Численними попередніми дослідженнями встановлено, що управління складними мобільними комбінованими агрегатами, можна досягти економії палива та технологічних матеріалів на 20-25% [1, 2]. Таким чином, очевидно, що поєднання та комбінація способів обробітку ґрунту є ресурсозберігаючим

заходом. У зв'язку з цим виникає необхідність розробки та дослідження комбінованих агрегатів і їх енергетичних засобів, що дасть змогу знизити виробничі витрати під час експлуатації. Як наслідок, їхнє конструкційне та кінематично-динамічне і технологічне виконання повинно забезпечувати підвищення техніко-економічні показники. Теоретичне вирішення цієї задачі підтверджує актуальність даної теми.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Важливим кроком у вирішенні даного завдання, сприяла б розробка та застосування комбінованих засобів виробництва, що спроектовані за модульним принципом і забезпечують значні переваги для їх використання на практиці [3-4]. Значний внесок у вирішенні даних задач зробили Василенко П.М., Погорілий Л.В., Адамчук В.В., Булгаков В.М., Недовесов В.І., Лебедев А.Т., Пашенко В.Ф., Самородов В.Б., Надикто В.Т., Вонг Дж. Й., Туллберг Дж.Н., Вілліфорд Дж.Р. та ін. науковці. При цьому їх теоретичні залежності розроблені та отримані практичні результати не в повній мірі можуть бути застосовані для обґрунтування кінематичних та динамічних характеристик сучасних агрегатів та машин. Пошук науково обґрунтованого рішення, спрямованого на їх усунення недоліків, і лягли в основу цього дослідження.

Метою дослідження є підвищення характеристик енергетичних засобів роботи мобільних агрегатів з розподіленим вектором тяги, шляхом обґрунтування його схеми та силових характеристик.

Результати досліджень. Нехай маємо рухомий об'єкт масою  $m$  та тензором моментів інерції  $\{I_x; I_y; I_z\}$ . На даний об'єкт діють  $N_1$  рушії з векторами тяги  $F_1; F_2; \dots; F_{N1}$  та  $N_2$  сил гальмування  $R_1; R_2; \dots; R_{N2}$  (рис. 1). Сили тяги  $F_i \{x_i; y_i; z_i\}$  прикладені в точках  $A_i \{x_i; y_i; z_i\}$  та мають компоненти  $\vec{F}_i \{F_i^x; F_i^y; F_i^z\}$ . Відповідно сили гальмування (дисипативні сили) прикладені в точках  $B_j \{x_j; y_j; z_j\}$  та мають компоненти  $\vec{R}_j \{R_j^x; R_j^y; R_j^z\}$ .

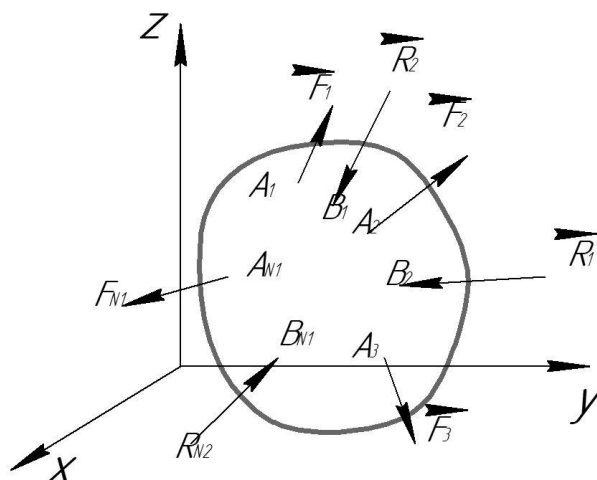


Рис. 1. Схема сил, що діють на рухомий об'єкт

В загальному випадку динаміка такого об'єкту описується шістьма диференціальними рівняннями другого порядку. Для проектної постановки такої задачі, необхідно задати 12 початкових умов (1).

$$\{x/t = 0; y/t = 0; z/t = 0; \varphi^x/t = 0; \varphi^y/t = 0; \varphi^z/t = 0\} \quad (1)$$

$$\{\dot{x}/t = 0; \dot{y}/t = 0; \dot{z}/t = 0; \dot{\omega}^x/t = 0; \dot{\omega}^y/t = 0; \dot{\omega}^z/t = 0\} \quad (2)$$

Відомо, що система сил  $\{\vec{F}_i\}$  і  $\{\vec{R}_i\}$  зводиться до головного вектора  $\vec{Q}$  та головного моменту  $M$ . При цьому:

$$\begin{aligned} m\ddot{x} &= Q^x & I_x \cdot \ddot{\varphi}^x &= M^x \\ m\ddot{y} &= Q^y & I_y \cdot \ddot{\varphi}^y &= M^y \\ m\ddot{z} &= Q^z & I_z \cdot \ddot{\varphi}^z &= M^z \end{aligned} \quad (3)$$

Варто зазначити, що момент кожної з активних  $F_i$  та дисипативних  $\{\vec{R}_i\}$  сил можна знайти з відповідного векторного добутку:

$$\vec{M}(\vec{F}_i) = \vec{F} \times \vec{r}_i = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ F_i^x & F_i^y & F_i^z \\ r_i^x & r_i^y & r_i^z \end{vmatrix} \quad (4)$$

де

$$r_i^x = x_i - x_0; r_i^y = y_i - y_0; r_i^z = z_i - z_0 \quad (5)$$

$$\text{тоді} \quad M^x = \begin{vmatrix} F_i^y & F_i^z \\ r_i^y & r_i^z \end{vmatrix}; M^y = \begin{vmatrix} F_i^z & F_i^x \\ r_i^z & r_i^x \end{vmatrix}; M^z = \begin{vmatrix} F_i^x & F_i^y \\ r_i^x & r_i^y \end{vmatrix}. \quad (6)$$

Модель (1-6) дозволяє запропонувати спосіб управління рухомим об'єктом змінюючи лише модуль векторів  $\vec{F}_i$  та  $\vec{R}_j$ . При цьому вирішується ряд важливих, для техніки задач, і перш за все – зникає необхідність в конструкціях механізмів управління зміни напрямку вектора тяги (механізми керованих рухів для автомобілів і тракторів, управління перекосом несучого остова).

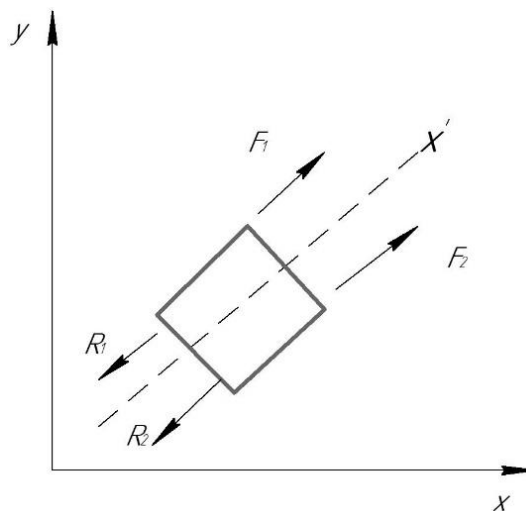


Рис. 2. Схема паралельних сил.



Система диференціальних рівнянь (3) у випадку лінійного наближення без особливих проблем інтегрується в квадратурах, однак є доволі громіздкою.

Розглянемо ряд наближень. Об'єкт рухається в просторі  $R^z$ , для управління такими об'єктами достатньо задати систему паралельних сил  $\{\vec{F}_1; \vec{F}_2\}$  та двох дисипативних сил  $\{\vec{R}_1; \vec{R}_2\}$  (рис. 2).

Показано, що будь які задачі з управління рухом: розгін за заданий час; поворот за заданий час; гальмування і зупинка за заданий час, описується спрощеною системою диференціальних рівнянь руху:

$$\begin{cases} m\ddot{x} = Q^x \\ m\ddot{y} = Q^y \\ m\ddot{z} = Q^z \end{cases} \quad (7)$$

А для у випадку аналізу миттєвих переміщень, можливо виділити миттєву вісь замість двох перших рівнянь системи (7), та розглядати одне диференціальне рівняння миттєвого поступального руху.

Висновки. Як видно, змінюючи модулі векторів тяги  $\{\vec{F}_1; \vec{F}_2\}$  та дисипації  $\{\vec{R}_1; \vec{R}_2\}$ , можливо здійснити повний цикл управління динамікою такого об'єкта. Під клас таких задач потрапляють рухомі платформи мобільних агрегатів без керованих рушіїв (трактори, автомобілі, квадроцикли та, особливо, актуально електромобілі з керованими мотор-колесами).

#### Список використаних джерел

1. Лихочвор В. Система удосконалення озимої пшениці / В. Лихочвор // Агробізнес східні. 2014. №7(278). С. 24-57
2. Перспективи використання комбінованих машинно-тракторних агрегатів / В. Кюрчев [і др.] // Научні відомія. Варна (Болгарія), 2013. Т. XXI, Вип. 5 (142). С. 104-108.
3. Вонг Дж.Й. Теорія наземних транспортних засобів / Й.Й. Вонг. 3-тє вид. John Wiley & Sons, Inc., 2001. -558 с.
4. Василенко П. М. Елементи теорії стійкості руху причіпних сільськогосподарських машин і знарядь / П.М. Василенко // Зб. праць по землеробській механіці. 1954 рік. Том II. С. 202-211.

УДК 531.8

## ДОСЛІДНИЙ ЗРАЗОК ЕЛЕКТРОТРАКТОРА ОСОБЛИВО МАЛОГО КЛАСУ

*Грабар І. Г., Ковалик О. М., Кирилюк І. Ф.  
Поліський національний університет*

Існуючі зразки тракторів малого та особливо малого класу для обробітку малих ділянок та дослідних полів мають ряд суттєвих недоліків: складність управління, низька екологічність, велика вага, складність в переміщенні на значні відстані. Необхідні дослідження нових машин для АПК, динаміки руху ґрунтообробних машин, адаптації робочих органів до ґрунтових умов [1, 2]

Запропоновано, сконструйовано та виготовлено дослідний зразок електротрактора особливо малого класу моделі АіТС-2, позбавлений названих вище недоліків.

Конструкція моделі АіТС-2 складається з двох шарнірно з'єднаних модулів. Модуль А складається з надлегкої трубчастої рами та змонтованих на ній мотор-колеса, керма, клавіші управління швидкістю руху, опорних підніжок для ніг оператора, керма, тягової батареї, процесора та контролера, гнізда підключення зарядного пристрою, шарнірного навісу.

Модуль Б виконано по схемі одновісного напівпричепа, що складається з надлегкої рами, двох ведених коліс, шарнірного навісу, регульованого сидіння оператора, гальма з педаллю під праву ногу, пристрою для приєднання робочих органів.

При виконанні операцій «з'єднання – роз'єднання» модулів А та Б вдалося уникнути відповідних операцій для механічних та електричних ланцюгів, що максимально пришвидшує монтаж-демонтаж моделі до кількох секунд.

Технічні характеристики:

Потужність – 1,6 кВт (2,1 к.с.)

Повна споряджена маса – 51 кг    Повна маса з оператором – 130 кг

Граничне навантаження на конструкцію – 240 кг

Маса модуля А – 32 кг    Маса модуля Б – 19 кг

Максимальна швидкість – 35 км/год

Габарити в зібраному стані – 1270x710x960 мм

Габарити модуля А – 550x560x960 мм

Габарити модуля Б – 720x710x550

Регульовано висота сидіння оператора – 550...700 мм

Відстань між осями ведучого та ведених коліс – 800 мм

Мінімальний радіус розвороту – 1 м

Час монтажу-демонтажу – 20 с



Рис. 1. Мікроелектротрактор АіТС-2 перед випробуваннями : а) вид збоку; б) вид ззаду.

Гальмівний шлях на швидкості 10 км/год – 0,5 м

Запас ходу при одній зарядці тягової батареї – 40 км без додаткового навантаження та 25 км при обробі ґрунту плоскорізами

Час завантаження-розвантаження в багажник легкового автомобіля – 95 с. Агрегатується з розпашкою, плоскорізами, бороною зубчастою та дисковою, культиватором.



Рис. 2. Елементи конструкції АіТС-2: а) модуль А – рама, мотор-колесо, бокс для тягової батареї, підніжки, причіпний пристрій; б) елементи гальмівної системи, змонтовані на модулі Б.





Рис. 3. Один із авторів проекту – інженер Кирилюк І.Ф. проводить випробовування мікроелектротрактора АіТС-2.

Застосування нанокompозитних вуглепластиків дозволяє зменшити вагу модуля А на 2,3 кг, модуля В – на 3,6 кг, що буде реалізовано в наступній дослідній моделі.

Список використаних джерел

1. Войтюк Д.Г., Аніскевич Л.В., Теслюк В.В. Науково-технічні розробки кафедри сільськогосподарських машин та системотехніки імені академіка П.М. Василенка. Науковий вісник НУБіП. Серія «Техніка та енергетика в АПК». 2015. №226. С. 73-77  
[https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u169/%D0%9D%D0%92\\_226.pdf](https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u169/%D0%9D%D0%92_226.pdf).

УДК 621.331

## **ОБГРУНТУВАННЯ НАДІЙНОСТІ ПАЛИВНИХ СИСТЕМ ДИЗЕЛІВ ПРИ ВИКОРИСТАННІ БІОПАЛЬНИХ**

*Журавель Д. П.*

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра  
Моторного*

Постановка проблеми. Адаптація сучасних паливних систем до нових видів пального рослинного чи тваринного походження є неодмінною умовою забезпечення надійності складної сільськогосподарської техніки. Це і є суть міжнародної проблеми на етапі боротьби за енергетичну незалежність країни [1]. Серед переваг біодизельного пального в порівнянні з іншими джерелами енергії слід зазначити такі: біодизельне пальне одержують із відновлюваних джерел; його хімічні властивості дуже близькі до олії [2]. Пальне має гарні змащувальні властивості і швидко розкладається бактеріями при попаданні в ґрунт. Використання біодизелю значно знижує викиди парникових газів, вуглеводнів, окису вуглецю, сажі та канцерогенів; зменшується димність вихлопних газів. Ці показники можуть позитивно позначитися на терміні служби дизельного двигуна. В результаті аналізу можливих теоретичних та експериментальних шляхів дослідження підвищення надійності дизельних двигунів при роботі на біодизельному паливі встановлено два основні методологічні напрями. До першого відносяться конструкторські та технологічні прийоми, що вимагають зміни конструктивних параметрів прецизійних сполук та вдосконалення технології виготовлення окремих деталей. Другий, це оперативно-технологічні прийоми, пов'язані із забезпеченням сприятливих умов експлуатації деталей, що труться за рахунок вдосконалення існуючої технології ремонту та обслуговування. Причому вибір раціонального способу збільшення ресурсу дизельних двигунів повинен ґрунтуватися на даних про характер зносу та умови експлуатації деталей вузлів та агрегатів. В основі обох шляхів підвищення надійності дизельних двигунів сільськогосподарської техніки є необхідність її коректної оцінки.

Аналіз останніх досліджень. Проведений аналіз різних видів альтернативних паливних [3] показав, що метилові ефіри жирних кислот привертають більше уваги, ніж інші альтернативні види пального, через їх біологічні властивості та хімічну структуру. Для середньої смуги Європи, а також країн з подібними кліматичними умовами, найбільш перспективним є застосування біопального на основі ріпакової олії, зокрема метилового ефіру ріпакової олії. Ці види пального мають рідкий або газоподібний стан, виробляються із зеленої маси або насіння рослин [4].

Проте, таке пальне значно відрізняється від традиційних рідких

вуглеводневих паливних своїми фізико-хімічними властивостями, які впливають як на надійність машинотракторних агрегатів, так і на організацію робочого процесу двигуна внутрішнього згоряння та на підсумкові техніко-економічні та екологічні показники теплового двигуна [5].

Метою даної роботи є розробка методології для прогнозування ресурсу паливних систем дизелів при експлуатації на біодизельному пальному.

Результати досліджень. Паливні системи мобільної сільськогосподарської техніки розраховані при експлуатації на дизельному нафтовому пальному, що забезпечує нормований ресурс. При використанні біопального, збільшується хімічне зношування матеріалів деталей дизельного двигуна, так як він агресивніший, ніж звичайне дизельне пальне. Це призводить до зниження ресурсу дизеля. Одним із шляхів вирішення проблеми, є використання легких металів, наприклад алюмінієвого сплаву, для виготовлення транспортних засобів, їх агрегатів та деталей. Однак в такому випадку виникає проблема, яка полягає в поганих трибологічних властивостях цих металів, а також у меншій міцності в порівнянні з чавунною конструкцією.

Інший шлях, покращення трибологічних властивості гільз циліндрів та підвищення механічного коефіцієнту корисної дії двигуна при використанні біодизельного пального можливий за допомогою процесу термічного напилення та високошвидкісного киснево-паливного покриття, застосування різних наноприправок, додавання біоетанолу в дизельне пальне.

Однак обидва шляхи багато в чому суперечливі. Основною причиною даних протиріч є ігнорування часу простою техніки, що призводило до завищення ресурсів.

Вирішуючи цю проблему, як варіант, можна встановити другу паливну систему, яка б працювала на біопаливі. Однак такий підхід ускладнює конструкцію та подорожчає експлуатацію техніки.

Іншою важливою стороною застосування біопальних є вплив на екологію. Розглядаючи екологічні аспекти застосування біологічного пального, ми дійшли висновків, що таке пальне екологічніше, ніж дизельне нафтове пальне. Однак наявність у ньому великої кількості метанолів призводить до розпаду матеріалів елементів паливних систем, що скорочує ресурс експлуатації техніки.

Для вирішення цієї проблеми пропонуються різні варіанти: застосування присадок, що знижують активність метанолів пального; періодичне промивання паливної системи. Однак запропоновані варіанти вирішують проблему лише частково, тобто для окремих випадків, не розглядаючи її в цілому.

Головна функція будь-якої системи (у тому числі паливної системи дизельного двигуна) – безвідмовно працювати протягом заданого терміну

служби із збереженням параметрів у межах встановлених норм. Найважливішою властивістю надійності є безвідмовність, тобто можливість безвідмовної роботи. В результаті проведених експериментальних досліджень встановлено, що використання біодизельного пального під час роботи мобільної сільськогосподарської техніки негативно позначається на надійності її функціональних систем. Біодизельне пальне більш агресивне по відношенню до конструкційних матеріалів паливної системи, ніж мінеральне дизельне пальне. Було визначено, що серед можливих ймовірностей відмов елементів паливних систем основна роль належить паливному насосу високого тиску та ущільненням (0,047-0,066).

Встановлено, що в паливному насосі високого тиску лімітуючим надійним фактором є плунжерні пари. Де особливо сильний вплив відіграє режим роботи (динамічний чи статичний). При статичному режимі відбувається насичення поверхневого шару металу воднем з подальшим його руйнуванням. Поява на поверхні матеріалів вільного водню, що сприяє утворенню оксидних плівок та проникненню водню в поверхневі шари металу, призводить до водневого зношування. Нівелювання цієї негативної активності можливе за рахунок зменшення кількості метанолу в біодизелі та заміні деяких конструкційних матеріалів на інертні до середовища біопального. Щоб скоротити негативний вплив цього процесу потрібно скоротити загальний час простоїв техніки.

Висновок. Для збільшення ресурсу роботи паливних систем необхідно замінити матеріали ущільнень паливних систем двигунів, виготовлених із натурального чи синтетичного каучуку на фторопласти. Це дозволить збільшити безвідмовність роботи двигуна загалом у 3-4 рази. Також досить високими ймовірностями відмов (0,032-0,052) володіють насос підкачування, форсунки та клапана. Для зменшення динаміки зношування необхідно передбачити можливість додаткового промивання двигуна мінеральним паливом при його тривалих зупинках.

Список використаних джерел

1. Zhuravel, D.; Samoichuk, K.; Petrychenko, S.; Bondar, A. et al. Modeling of Diesel Engine Fuel Systems Reliability When Operating on Biofuels. *Energies* 2022, 15, 1795.

2. Kapłan, M.; Klimek, K.; Maj, G.; Zhuravel, D. et al. Method of Evaluation of Materials Wear of Cylinder-Piston Group of Diesel Engines in the Biodiesel Fuel Environment. *Energies* 2022, 15, P. 1–29.

3. Zhuravel D. Integrated approach to ensuring the reliability of complex systems. Current issues, achievements and prospects of Science and education: Abstracts of XII International Scientific and Practical Conference. Athens, Greece 2021. Pp. 231-233.

4. Журавель Д.П. Оцінка надійності паливного насоса високого тиску дизельного двигуна при експлуатації на різних видах паливних. Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету імені



Дмитра Моторного. Вип. 10. Том 2. Мелітополь, 2020. 11 с. DOI: 10.31388/2220-8674-2020-2-9.

5. Журавель Д.П. Моделювання працездатності машино-тракторного агрегату при експлуатації на біодизелі. Праці ТДАТУ. Вип. 19.Т.3. Мелітополь, 2019. С. 57-68.

УДК 330.117:338.43

## **ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ В АГРАРНОМУ ВИРОБНИЦТВІ**

*Шелест М. С., Зубко В. М.*

*Сумський національний аграрний університет*

Останнім часом в аграрному виробництві все більшої популярності набирає 3D-моделювання та можливості друку деталей за допомогою 3D-принтера. Креслення певних деталей і механізмів агромашин на папері вже не є актуальним. На сьогодні 3D-моделювання використовується навіть під час практичних занять у ЗВО для демонстрації тієї чи іншої агромашини чи механізму студентам. Завдяки цьому здобувачі мають можливість ознайомитись із будь-якою агромашиною і розібрати її “до останнього гвинтика”.

У сучасній агротехніці все частіше використовуються деталі із різних видів пластмас. Причиною цього є декілька факторів: зниження металоємності машини; розвиток ринку пластикових та поліетиленових матеріалів; зниження ступеня травмування посівного матеріалу. Перевагою даної галузі знань є не лише можливість більш доступного навчання та демонстрації агротехніки, а й в тому, що аграрне підприємство за наявності фахівця, який вміє правильно побудувати 3D-модель і наявності спеціального принтера має можливість проводити швидкий ремонт. Що мається на увазі під “швидким ремонтом”? У наявній, наразі, ситуації в Україні, при виявленні несправності якої-небудь деталі, скажімо, пластикової гребінки-скидача (Рис. 1) у висіваючому апараті посівного комплексу, аграрне підприємство може вчасно не отримати необхідну запчастину для своєчасного проведення посівної. Тому, через цю незначну несправність може бути зірвана посівна компанія культури на яку і так погодні умови відводять небагато часу. Тож, задля забезпечення проведення необхідної операції фахівцем може бути надрукована деталь, що стане тимчасовою заміною до отримання оригінальної запчастини.

З рис. 2 ми бачимо, що необхідна нам запчастина буде друкуватись 27 хвилин, що суттєво скорочує нам час очікування. Звісно, це не нова ідея і

деякі підприємства вже використовують технологію 3D-друку для потокового виробництва певних деталей.

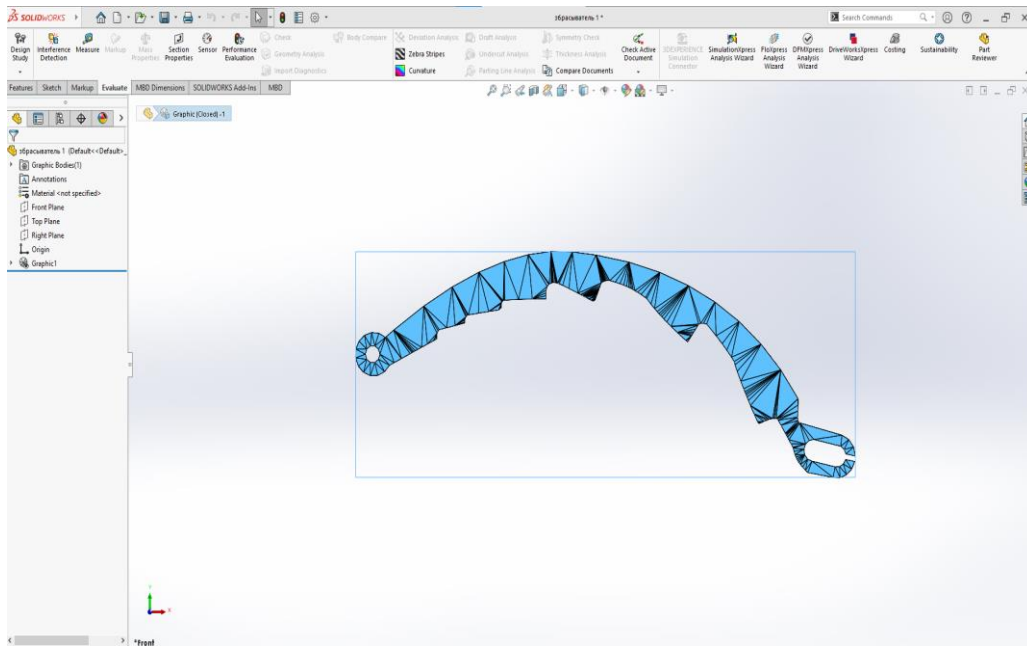


Рис. 1. 3D-модель гребінки-скидача висівального апарату у програмі “SOLIDWORKS”

Після побудови моделі необхідної запчастини створюється g-code, який надає принтеру “інструкції” з друку деталі (рис. 2).

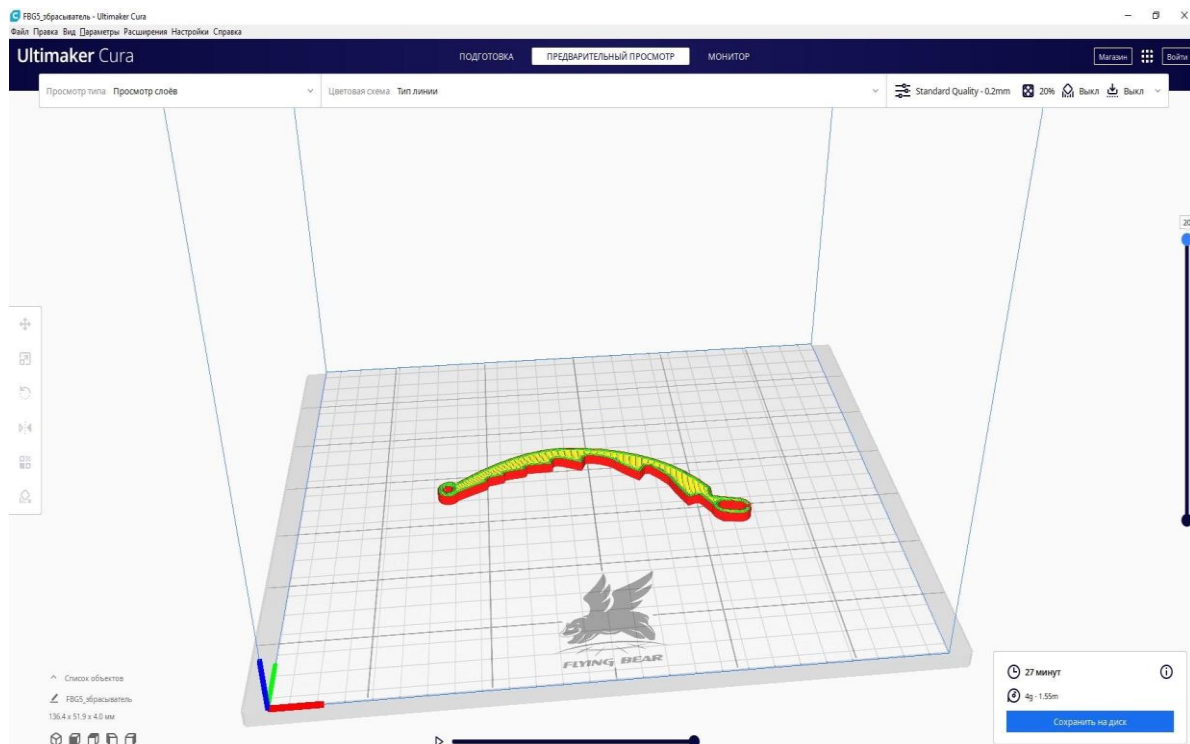


Рис. 2. 3D-модель гребінки-скидача висівального апарату у програмі “Cura”.

Зважаючи на військовий стан, зростання вартості, а відповідно й часу на доставку запасних частин, а також на розвиток програмного і апаратного забезпечення, матеріалів та рівня підготовки сучасних фахівців ЗВО питання задоволення потреб підприємства дрібними пластмасовими деталями може бути вирішено за рахунок використання сучасних технологій. Проведення токарних операцій пластмасових заготовок веде до перевитрати матеріалу, засмічення навколишнього середовища та необхідності мати запасні матеріали і заготовки деталей різних типорозмірів на підприємстві. Використання 3D-друку нівелює цю необхідність.

## Секція

### *Інновація аграрної науки, освіта, виробництво*

УДК 378.151

#### **ПРІОРИТЕТНІ ЗАВДАННЯ ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ АГРАРНОЇ ГАЛУЗІ В УКРАЇНІ НА ШЛЯХУ ДО ЇЇ МОДЕРНІЗАЦІЇ**

*Квашук О. В.*

*Відокремлений структурний підрозділ Уманський фаховий коледж  
технологій та бізнесу Уманського національного університету  
садівництва*

Професійна підготовка фахівців аграрної галузі є невід'ємною складовою єдиної системи освіти. Наукова проблема професійної підготовки фахівців аграрної галузі в Україні, як складової системи університетської освіти, має пріоритетне значення, належить до фундаментальних наукових досліджень, оскільки її вирішення закладає фундаментальні основи у забезпеченні розвитку соціально-економічної системи суспільства [1]. Пріоритетним завданням професійної підготовки фахівців аграрної галузі в Україні стала її модернізація. Проблема викликана приведенням її моделі у відповідність до сучасної концепції сталого розвитку. Як зазначають вітчизняні науковці, ефективна сучасна модель професійної підготовки фахівців аграрної галузі повинна ґрунтуватися як на традиціях вітчизняної моделі, так і на використанні досвіду країн ЄС. Визначити власний шлях розвитку в умовах ринкової економіки – основне завдання професійної підготовки фахівців аграрної галузі в нових соціально-економічних умовах. Модернізація професійної підготовки фахівців аграрної галузі в Україні зумовлена змінами в аграрному секторі [2]: – розпаювання землі і засобів виробництва та зміна форми власності на землю призвело до збільшення земельних площ у навчальному господарстві, що змінило умови організації виробничої практики і вплинуло на переорієнтацію внутрішнього управління; – створення ринкової інфраструктури та диспаритет цін на сільськогосподарську продукцію зумовили необхідність запровадження у ПТНЗ сільськогосподарського профілю часткового госпрозрахунку, створення цехів переробної промисловості для управління навчально-матеріальної бази; – поява приватного власника на землю зменшила кількість робочих місць у сільському господарстві. Основним напрямком зміни концепції професійної підготовки фахівців аграрної галузі є підготовка випускників, які працюватимуть в аграрному виробництві та на

селі, спеціалістів, обізнаних в інформаційній та консультаційній роботі у цих сферах, знайомих з новими методами маркетингу [2]. Важливою складовою модернізації професійної підготовки фахівців аграрної галузі в Україні стало реформування традиційних факультетів, а також відкриття нових: водних біоресурсів та аквакультури, якості і безпеки продукції АПК, здоров'я дрібних тварин, аграрного менеджменту, конструювання та дизайну, садово-паркового господарства та ландшафтної архітектури, землевпорядкування, юридичного. Процес модернізації професійної підготовки фахівців аграрної галузі в Україні включає співпрацю освіти та науки. Така інтеграція сприяє впровадженню нових шляхів розвитку професійної підготовки. Так, відкриття центру Extension у НАУУ дозволило посилити зв'язки факультетів із приватним сектором. Крім того, функціонують 25 обласних центрів підтримки агрофірм та фермерів. Враховуючи процеси глобалізації, однією з умов модернізації професійної підготовки фахівців аграрної галузі виступає інтернаціоналізація студентів та професорсько-викладацького складу. Протягом останніх років заклади аграрної освіти через свої програми співпраці розширюють міжнародні зв'язки. Внаслідок вивчення досвіду професійної підготовки фахівців аграрної галузі в країнах ЄС, було зроблено висновок, що модернізація професійної підготовки фахівців аграрної галузі в Україні має включати наступне: – розширення своєї діяльності поза виробництво аграрної продукції з тим, щоб охопити усі проблеми розвитку села; – наявність гнучкості як у навчальних планах, так і в управлінській структурі; – створення творчих об'єднань з бізнесовими структурами; – внесок у розвиток кадрового забезпечення; – надання фермам і підприємствам малого бізнесу новітньої інформації про технології і ринки продукції; – підтримка підприємництва з тим, щоб воно було не лише програмою, а й методом діяльності закладу вищої аграрної освіти в цілому; – розвиток зв'язків з іншими країнами для поглиблення знань; – застосування практики управління, яка покладається на партнерські відносини з зовнішніми зацікавленими сторонами у сфері методів стратегічного планування; – виконання гнучких форм управління персоналом, у тому числі заходи стимулювання і програми розвитку персоналу; – різноманітність джерел фінансування, зокрема, шляхом збільшення доходів через розширення послуг.

Серед останніх тенденцій розвитку системи професійної підготовки фахівців аграрної галузі визначають укрупнення структури, появу нових міждисциплінарних освітніх задач, диверсифікацію послуг, орієнтацію на інноваційну діяльність, більш глобалізований характер науки, зміну ролі інформації та Інтернету як одного з її основних джерел тощо [3]. Процес модернізації професійної підготовки фахівців аграрної галузі зорієнтований на розвиток особистості та інтеграцію в європейський світовий освітній простір. Зміна пріоритетів професійної підготовки фахівців аграрної галузі

та завдання створення ефективної системи ступеневої аграрної освіти актуалізує виділення системоутворюючих факторів, що забезпечують послідовність і наступність окремих щаблів цієї підготовки. Кінцевою метою професійної підготовки фахівців аграрної галузі є формування ефективної системи професійної діяльності фахівців. Одним із принципів професійної підготовки фахівців аграрної галузі є принцип безперервності, який вимагає від держави створення єдиної системи неперервної професійної освіти. Якість професійної підготовки фахівців-аграріїв має два аспекти: відповідність освітнім стандартам і відповідність запитам споживачів освітніх послуг. У сучасних умовах соціально-економічних змін освіта дорослих як соціально-педагогічне явище і соціальний інститут може розглядатись як складова частина загальної системи неперервної професійної освіти. В Україні намічається налагодження дієвого механізму соціального партнерства, зокрема з питань визначення і планування потреби у професійній підготовці фахівців аграрної галузі; виявлення необхідного рівня професійної та соціальної компетенції фахівців аграрної галузі; забезпечення організації зворотного зв'язку; розвиток напрямів і перспектив співробітництва України з країнами ЄС щодо професійної підготовки фахівців аграрної галузі; проведення постійно діючих моніторингів ефективності навчання. Аналіз розвитку системи професійної підготовки фахівців аграрної галузі в Україні дозволяє виділити її основні напрями: – вивчення системи професійної підготовки фахівців аграрної галузі в країнах ЄС; – адаптація національної системи професійної підготовки фахівців аграрної галузі до загальноєвропейської; – розробка модернізованих навчальних планів і програм підготовки фахівців, відповідного методичного забезпечення; – створення на базі університетів науково-дослідних інститутів; – залучення талановитих студентів до науково-дослідної роботи через навчання в магістратурі; – поглиблене вивчення іноземних мов; – використання сучасних інформаційних технологій. Однією з принципових умов здійснення перелічених вище кроків є наявність у сільського товаровиробника необхідної інформації. В ринковій економічній системі проблема інформаційного забезпечення вирішується завдяки дорадчим службам; регіональним центрам наукового забезпечення агропромислового виробництва; інформаційно-консультаційним та інноваційним центрам аграрних університетів; закладам сільськогосподарської післядипломної освіти; науководослідним установам Міністерства аграрної політики, центрам інформаційно-бібліотечного обслуговування тощо. Одним із джерел інформації стосовно агропромислового комплексу є міжнародна база Продовольчої і сільськогосподарської організації (ФАО) ООН.

В Україні сьогодні тільки формується ринкова система поширення сільськогосподарських знань та інформації з використанням потенціалу аграрної освіти, науки та дорадництва, а організаційно-економічний

механізм її функціонування перебуває на стадії становлення. Процес поширення сільськогосподарських знань та інформації в Україні доцільно здійснювати через створення ефективної системи поєднання економічних заходів, форм і методів, які визначають порядок і зміст поширення сільськогосподарських знань та інформації з елементами організаційного забезпечення, що найефективніше розподіляють повноваження та відповідальність між державою, галузевими відомствами, дорадчими службами, закладами аграрної освіти і науки, господарствами та сільськогосподарськими товаровиробниками.

Список використаних джерел

1. Закон України «Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки // Офіційний вісник. 2001. № 31 (ст. 1387).
2. Мельніченко В. В. Організаційно-педагогічні умови управління професійно-технічним навчальним закладом сільськогосподарського профілю : монографія / Валерій Володимирович Мельніченко. Миколаїв : Вид-во ПСІ КСУ ; Іліон, 2004. 306 с.
3. Мельничук Д. О. Сучасна магістратура – шлях до вдосконалення системи освіти і науки / Д. О. Мельничук, В. П. Лисенко, А. Г. Кравченко // Аграрна наука і освіта. 2007. Том 8. № 5-6. С. 5-12.

УДК 631

## **СТВОРЕННЯ НОВОГО ОСВІТНЬОГО ПРОДУКТУ В МЕЖАХ ОКРЕМОГО ВЗЯТОГО ЗВО ЧЕРЕЗ ВПРОВАДЖЕННЯ ДОРОЖНЬОЇ КАРТИ ДУАЛЬНОЇ ОСВІТИ**

*Семерня О. В., Калнагуз О. М., Сіренко Ю. В.  
Сумський національний аграрний університет*

В сучасному суспільстві зростає потреба у висококваліфікованих спеціалістах в різних галузях виробництва в тому числі і АПК. Поєднання теоретичної та практичної складової підготовки майбутніх спеціалістів є ключовим фактором, який забезпечує їх конкурентоспроможність на глобальному ринку праці.

Опитування роботодавців України підтвердило високу зацікавленість в якісній практичній підготовці спеціалістів. Крім того, заклади вищої освіти також зацікавлені у впровадженні дуальної форми освіти, адже це підвищує їх рейтинг при виборі абітурієнтами.

Постановка проблеми. Для удосконалення практичної складової освітнього процесу зі збереженням високого рівня теоретичної підготовки

необхідне створення універсального алгоритму впровадження дуальної освіти в ЗВО; орієнтацію освіти на реальне виробництво; участь агробізнесу у фінансуванні та реалізації програм підготовки професійних кадрів; варіативність індивідуальних освітніх програм; підготовку висококваліфікованих спеціалістів, які відповідають вимогам ринку праці. Представники бізнесу цікавляться не стільки форматом «знань» випускників навчальних закладів, скільки їх готовністю до професійної діяльності.

Одже, головне завдання- це створення нового освітнього продукту в межах окремо взятого ЗВО ( дорожньої карти впровадження дуальної освіти ), що дасть можливість підвищення якості освітніх послуг шляхом налагодження ефективної співпраці ЗВО з ринком праці та створення умов для здійснення впливу стейкхолдерів-роботодавців на програми підготовки фахівців для підвищення їх конкурентоспроможності на ринку праці та фахового рівня вищої освіти в Україні в цілому.

Дорожня карта передбачає певний підготовчий процес і аналіз ринку праці в Україні та покроковий алгоритм дій бізнесу і ЗВО. А саме :

- моніторинг ринку праці і розробку бази даних професій, які потрібні підприємствам України;
- актуалізацію та розширення бази роботодавців та інших стейкхолдерів;
- розробку нормативних документів згідно з вимогами МОН України за різними спеціальностями ( положення про інтеграцію навчальних планів у виробничий процес);
- забезпечення взаємозв'язку та взаємовпливу освіти і роботодавців для впровадження важливих змін, спрямованих на підвищення якості освіти;
- підвищення якості підготовки кваліфікованих кадрів відповідно до вимог ринку праці і роботодавців;
- скорочення періоду адаптації випускників до професійної діяльності;
- підвищення мотивації здобувачів освіти до навчання, в т.ч. за рахунок їх фінансового стимулювання;
- проведення навчання здобувачів освіти за новими програмами;

Висновок. Отже, розробка універсальної дорожньої карти та впровадження дуальної системи освіти покращить якість навчання; створення умов формування у здобувачів вищої освіти, НПП, менторів необхідних компетентностей для налагодження ефективної комунікації між ними та забезпечення готовності до співпраці; задоволення попиту здобувачів освіти на можливість працевлаштування за фахом; поєднання



теорії і практики; збільшення впливу роботодавців на ОПП та формування у здобувачів компетентностей, що відповідають ринку праці.

Список використаних джерел

1. Розпорядження КМУ від 19.09.2018 № 660-р “Про схвалення Концепції підготовки фахівців за дуальною формою здобуття освіти”.

2. Наказ МОН від 15.10.2019 №1296 “Щодо запровадження пілотного проекту у закладах фахової передвищої та вищої освіти з підготовки фахівців за дуальною формою здобуття освіти”.

3. Наказ МОН від 12.12.2019 № 1551 “Про затвердження Положення про дуальну форму здобуття професійної (професійно-технічної) освіти”.

4. Наказ МОН від 26.07.2021 №846 “Про перелік закладів професійної (професійно-технічної) освіти, на базі яких у 2021 році будуть створені навчально-практичні центри сучасної професійної (професійно-технічної) освіти за рахунок коштів державного бюджету.

УДК 631

## **АЛГОРИТМ ДІЙ ПО СТВОРЕННЮ БЕЗПЕЧНИХ ТА БЕЗАВАРІЙНИХ УМОВ ПРАЦІ У СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ПІДПРИЄМСТВАХ В УМОВАХ ВІЙНИ В УКРАЇНІ**

*Семерня О. В., Калнагуз О. М., Сіренко Ю. В.  
Сумський національний аграрний університет*

Постановка проблеми. Відповідно до ст. 3 Конституції України і Закону «Про охорону праці» ст. 4 основним принципом державної політики є пріоритет життя і здоров'я робітників відносно будь-яких результатів виробничої діяльності.

Одним із актуальних питань в агропідприємствах України є функціонування системи управління охороною та безпекою праці на виробництві.

Статистика в нашій країні свідчить, що серед причин нещасних випадків на підприємстві переважають організаційні (близько 80%) по 10% – психофізіологічні та технічні причини. За іншими даними кількість нещасних випадків з організаційних причин становить аж до 90–95%.

Сучасна стратегія безпеки праці фокусується на превентивних заходах та попередженні різноманітних ризиків на роботі. А головною метою стратегії є досягнення постійного, сталого скорочення випадків травматизму на виробництві [1, 2].

Більшість сільськогосподарських підприємств сьогодні продовжують працювати в умовах війни незважаючи на значні економічні, виробничі ризики та людські втрати.

Виробничі небезпеки завжди мають складну будову, і тому їх можна віднести до складних техніко-ергатичних систем, в яких завжди є потенційна небезпека, що полягає в присутності людини, з повним її набором психофізіологічних особливостей організму і поточного його стану як ланки контролю та управління. Наявність потенційної небезпеки створює ризик.

Мета дослідження полягає у створенні алгоритму дій, щодо безпечних умов праці під час польових робіт в умовах війни.

Для збереження людського потенціалу, забезпечення безпечних умов праці найманих працівників, здійснення належного контролю за трудовою та виробничою дисципліною, правилами охорони праці та пожежної безпеки, необхідною умовою є створення керівниками підприємств алгоритму дій, який включатиме наступні заходи:

- Призначення відповідальних осіб за організацію охорони праці під час проведення польових робіт;

- Перед проведенням польових робіт спільно з представниками МВС та ДСНС, організувати перевірку сільськогосподарських угідь та прилеглих ділянок на предмет наявності снарядів, вибухових пристроїв та інших предметів і матеріалів, що створюють або можуть створити загрозу працівникам;

- Розробити плани евакуації персоналу перед початком та під час проведення бойових дій та плани ліквідації аварійних ситуацій з мінімальним рівнем загрози життю та здоров'ю працюючих;

- Через воєнний стан змінилося законодавство стосовно робочого часу та відпочинку.

Нормальна тривалість робочого часу – до 60 годин на тиждень замість 40. 50 годин на тиждень – скорочений робочий час, передбачений для працівників від 16 до 18 років і працівників зі шкідливими умовами праці (проти звичайних 36 годин).

Роботодавець визначає час початку й закінчення щоденної роботи (зміни) Але при цьому необхідно проводити польові роботи в умовах достатньої видимості, виключно у денний час.

Якщо раніше працівники мали відпочивати щонайменше 42 години поспіль щотижня, на період воєнного стану вихідні можуть зменшити до 24 годин.

Також скасовано заборону роботи у вихідні дні; скорочений робочий день напередодні святкових, неробочих і вихідних днів; перенесення вихідного дня, якщо святковий або неробочий день збігається з вихідним днем; обмеження для надурочних робіт.

- Керівникам сільськогосподарських підприємств разом з інженерам з охорони праці посилити профілактичну роботу по запобіганню виробничого травматизму із залученням спеціалістів МВС, ДСНС та Держпраці;

- Організувати роботу з працівниками згідно Правил з охорони праці в сільськогосподарському виробництві; дотримуватись нормативних актів з охорони праці, а саме:

- перед проведенням комплексу польових робіт організувати позапланові інструктажі з питань охорони праці працівників щодо дій посадових осіб та виробничого персоналу у разі початку бойових дій (артилерійські обстріли, бомбардування тощо);

- організувати навчання працюючих безпечним методам роботи;

- провести інструктаж з питань охорони праці з усіма працівниками, зайнятими на всіх виробничих процесах;

- забезпечити працюючих спецодягом, засобами індивідуального захисту, аптечкою, питною водою та засобами пожежогасіння;

- відвести місце для відпочинку, споживання їжі та паління;

- не допускати до роботи осіб, які не пройшли медогляд;

- не допускати до роботи осіб хворих, перевтомлених, тих, які знаходяться в нетверезому стані, або тих, що не пройшли інструктаж з охорони праці;

- для виконання технологічних процесів не допускати машини і обладнання, які мають технічні несправності;

- проводити розслідування нещасних випадків, згідно з законодавством.

Оскільки в Україні введено воєнний стан, то нещасні випадки під час розслідування та обліку слід враховувати так які трапляються з працівниками під час виконання ними трудових(посадових) обов'язків внаслідок вищезазначених подій суспільного життя як оголошена та неоголошена війна, терористичний акт, протиправні дії третіх осіб тощо, незалежно від наявності при цьому впливу небезпечних, шкідливих або інших виробничих факторів, підлягають розслідуванню згідно з вимогами

Висновок: Аграрний сектор завжди вирізнявся значною кількістю виробничих ризиків. Зросло і нервово-психологічне навантаження на працівників. Тому керівникам сільськогосподарських підприємств, треба особливо уважно ставитися до людей на своєму підприємстві, пам'ятаючи про те, що життя і здоров'я людини - це найвища цінність.

Список використаних джерел

1. Запорожець О.І. Щодо проекту концепції управління ризиками надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру. Безпека життя і діяльності людини – освіта, наука, практика. К.: Самміт–Книга, 2007. С. 10–12.

2. Березуцкий В.В. Разработка универсального показателя опасности оборудования и производства / В.В. Березуцкий, А.Н. Древаль // Охрана труда. 1997. №5. С. 34–37.

УДК 639.31

## СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ ГАЛУЗІ РИБНИЦТВА В УКРАЇНІ

*Уманський М. О., Братішко В. В.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Рибництво може вважатися однією із перспективних галузей економіки України – при раціональному використанні та збалансованому кормоприготуванні країна здатна здійснювати експорт продукції в країни ЄС.

Завданнями галузі є забезпечення потреб населення в продукції рибництва, незамінному джерелі вітамінів групи В, вітамінів РР, Н, жиророзчинних вітамінів А і D.

За інформацією Державного агентства водних ресурсів України із наявних в Україні 47450 водних об'єктів загальною площею водного дзеркала 276,29 тис. га, в оренду передано 17440 водних об'єктів загальною площею 119,62 тис. га. [1]. Отже, в країні існують достатні площі для забезпечення власних потреб у продукції рибництва і використання надлишкової продукції для експорту в країни ЄС (таблиця 1).

Таблиця 1

Баланс виробництва та споживання продуктів рибництва (Держстат України)

| Рік             | 2005 | 2010 | 2015 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Виробництво     | 296  | 260  | 139  | 132  | 128  | 128  | 118  |
| Зміна запасів   | 14   | 3    | -3   | -8   | 8    | 0    | 5    |
| Імпорт          | 425  | 490  | 237  | 338  | 394  | 417  | 424  |
| Усього ресурсів | 707  | 747  | 379  | 478  | 514  | 545  | 537  |
| Експорт         | 20   | 75   | 10   | 13   | 13   | 14   | 15   |
| Втрати          | 11   | 5    | 2    | 5    | 6    | 7    | 5    |
| Фонд споживання | 676  | 667  | 367  | 460  | 497  | 524  | 517  |

За останні роки прослідковується спад виробництва, та, відповідно, й споживання, що негативно відбивається на потребах суспільства в

забезпеченні необхідними мікроелементами для належного рівня якості життя.

Із статистичних показників можна прослідкувати, що ринок риби в Україні на 80% складається із імпортованої продукції. В основному це риба морського походження. Із 20% відсотків вітчизняної продукції 12% складає вирощування прісноводних риб (рис. 1). Дані тенденції можуть становити загрозу для економічно-продовольчої безпеки країни.

Така тенденція спостерігається як наслідок окупації частини території України російською федерацією, що спричинило зменшення прибережних рибних зон України більше ніж у два рази.

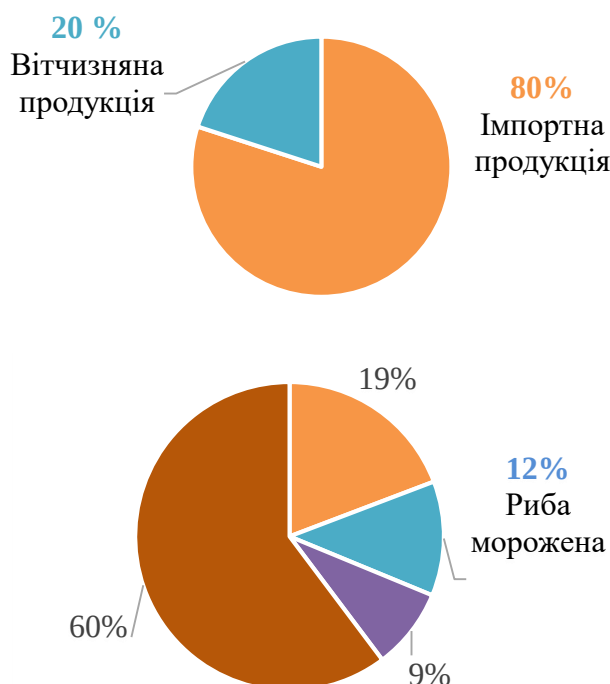


Рис. 1. Структура ринку продукції рибництва в Україні (з лівого боку) та структура експорту (з правого боку).

Рівень споживання рибної продукції на душу населення в Україні є нижчим за середньосвітовий показник – 12,9 кг/рік, за рекомендованого рівня 20 кг/рік, за даними Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН (рис. 2). Хоча впродовж останніх років спостерігається тенденція до збільшення цього показника, це відбувається переважно за рахунок імпорту [1]. У країнах із більш високим рівнем розвитку економіки він значно вищий: у Норвегії – 66 кг, Японії – 58 кг, Південній Кореї – 78 кг, Португалії – 62 кг [2-5].

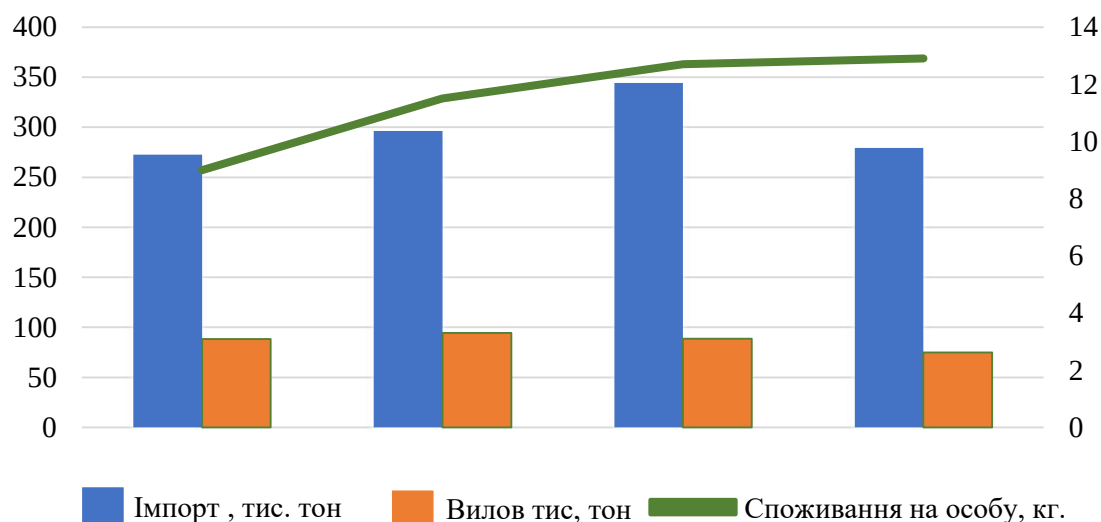


Рис. 2. Імпорт, вилов (ліва шкала) та рівень споживання рибної продукції на душу населення України (права шкала).

Отже, із оглянутої нами інформації та статистичних показників можна зробити висновок, що галузь рибництва перебуває в кризовому стані. Перспективою подальшого розвитку рибництва в Україні є розкриття потенціалу прісноводних водоймищ, площа яких становить 276 тис. га, та використовується лише на 12%. Розкриття цього потенціалу можливе за рахунок застосування інтенсивних технологій рибництва, ресурсозберігаючих моделей приготування комбікормів, що забезпечить високі рівні рентабельності при використанні водоймищ невеликих площ.

#### Список використаних джерел

1. Зелена книга: Аналіз рибної галузі України: Ринковий контроль та нагляд «офісу ефективного регулювання». Режим доступу: [https://uifsa.ua/files/global/regulation.gov.ua\\_GB-fish-industry.pdf](https://uifsa.ua/files/global/regulation.gov.ua_GB-fish-industry.pdf).
2. Statistical Yearbook "Agriculture of Ukraine". 2020 (information about social and economic state of agriculture in Ukraine and its regions for 2000-2020). Access mode: [https://ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat\\_e/publ4\\_e.htm](https://ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_e/publ4_e.htm).
3. V.Chemerus, V. Dushka, V. Maksym (2016). State and perspectives of development the aquaculture in Ukraine 18, 2(69), 169–175. doi:10.15421/nvlvet6933.
4. Edwards, P. (2015). Aquaculture environment interactions: Past, present and likely future trends. *Aquaculture*, 447, 2-14. doi:10.1016/j.aquaculture.2015.02.001.
5. Jayaram, M. G., & Shetty, H. P. C. (1981). Formulation, processing and water stability of two new pelleted fish feeds. *Aquaculture*, 23(1-4), 355-359. doi:10.1016/0044-8486(81)90028-4.

УДК 631.3-77

## **РОЗВИТОК ІНФРАСТРУКТУРИ ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ МАШИН АПК**

*Науменко О. А.*

*Державний біотехнологічний університет*

*Біловод О. І.*

*Полтавський державний аграрний університет*

Постановка проблеми. Зростання споживання сервісних послуг в країнах з високорозвиненим сільським господарством і промисловістю – одно із найбільш визначних явищ економічного життя в ХХІ сторіччі. Переорієнтація виробництва з простого створення матеріальних благ на надання послуг є фундаментальним чинником переходу суспільства від індустріального до після індустріального рівня розвитку.

Тенденція очевидна – технічний сервіс набуває стрімкого розвитку, об'єми значно збільшуються в зв'язку з тим, що парк машин та обладнання ще багато років буде ускладнюватись, зростати і поновлюватись, він стає найбільш перспективним бізнесом на ринку сільськогосподарської техніки.

На відміну від країн Євросоюзу ми знаходимося на початку запровадження сервісної стратегії технічного забезпечення АПК. Більш того серед науковців і держуправлінців немає чіткої констатації очевидного стратегічного напрямку, не визначені пріоритети, не робиться бодай моральної підтримки ентузіастам сервісної діяльності

До 70% об'ємів з ремонту і технічного обслуговування сільськогосподарської техніки виконувалися безпосередньо в господарствах. Але аналіз показує що в нинішній час:

- сільськогосподарські підприємства не створюють і не планують створювати ремонтно-обслуговуючу базу, так як це вимагає значних інвестицій, які швидко не окупляться;

- ті що отримали в спадщину ремонтні майстерні поступово звужують їх діяльність Ремонт машин потребує кваліфікованих робітників, сучасного обладнання, гарні виробничі приміщення, які при малих об'ємах виробництва окупити неможливо.

- великі агрофірми зберегли ремонтно-обслуговуючу базу, але машино-тракторний парк комплектують, як правило, новими закордонними моделями, складної конструкції з електронними системами.

Тому обґрунтування, які можуть сприяти розвитку системи сервісного обслуговування техніки АПК є надзвичайно актуальними.

Аналіз останніх досліджень. Концептуальні засади розбудови ремонтно-обслуговуючої бази були сформовані науковцями і практиками ще 2000 році.[1] В подальшому за ініціативою ННЦ ІМЕСГ така тематика

постійно обговорюється на засіданнях «круглих столів». Деякі питання особливостей організації системи технічного сервісу найшли відображення в публікаціях працівників наукових установ та закладів освіти [2],[3] та інші. Але більш глибокої розробки і обґрунтувань потребують напрямки розвитку технічних центрів і майстерень сервісних послуг, як найбільш реальні для масового застосування.

Мета досліджень. Дослідження параметрів, які необхідно враховувати при обґрунтуваннях організації сервісного підприємства по обслуговуванню і ремонту технічних засобів аграрного виробництва, а саме: кількісний склад видів машин по регіонах та коливання наявності за останні 7 років, марки придбаної техніки та їх основні характеристики. В представленій роботі представлені окремі результати виконаних досліджень.

Результати досліджень. В процесі досліджень був проведений статистичний аналіз даних Державної служби статистики України.

1. Наявна щорічна кількість по Україні становила: тракторів 128-130 тис. шт., зернозб. комбайнів 26,3-27,4 тис.шт., кукурудзозб. 1,6-1,5 тис.шт., агрегати для доїння корів 9,5-10,2 тис.шт. Аналіз середньорічної кількості та коефіцієнта варіації свідчать про те що в останні 5-7 років кількісний склад основних видів техніки досить стабільний, коефіцієнт варіації становить 2-3%.

2. Слідуючий важливий параметр, який суттєво може впливати на територіальне розміщення сервісного підприємства це відсоток техніки від загальної кількості, яка знаходиться в конкретній області, або регіоні.

Аналіз проведений по всіх областях і регіонах. Виявлені області на які припадає найбільша питома вага кількості певних видів техніки. Наприклад, по тракторах це Дніпропетровська обл.-9,6%, Кіровоградська-9,5%, Одеська-7,3%. Найбільше тракторів в Центральному регіоні-36,3%. Зернозбиральних комбайнів у Запорізькій і Кіровоградській областях по 7,5% від загальної кількості по Україні. Для кукурудзозбиральних комбайнів це Кіровоградська Вінницька і Одеська обл. на які припадає більш як по 10% техніки. Доїльних агрегатів найбільше в Чернігівській, Харківській та Київській обл.-біля 9%.

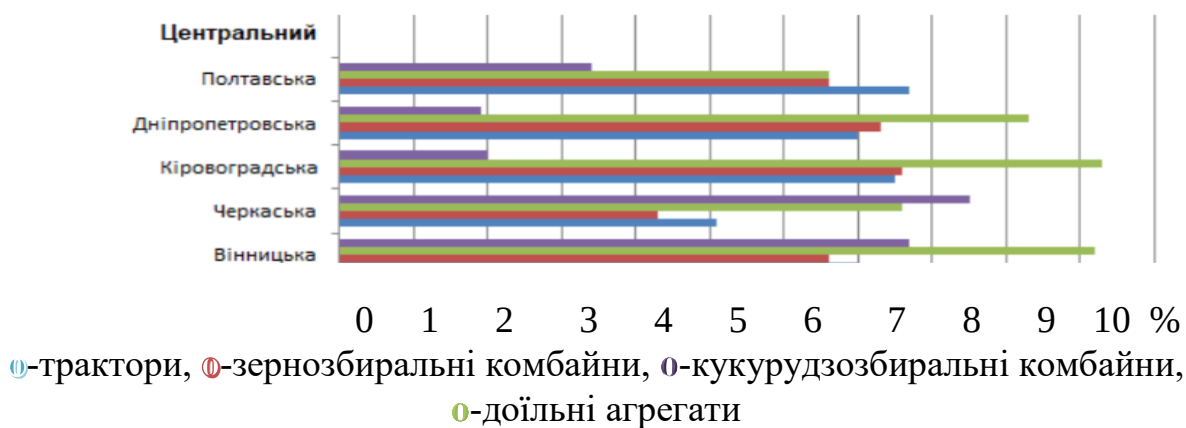
На рисунку, як приклад, наведена діаграма для одного із регіонів.

3. За останні 5 років господарства придбали біля 17 тис. тракторів. Марочний склад надзвичайно різноманітний: «Беларус», «Кий». «Коваль», «ХТА», «ХТЗ», «ЛТЗ», «Case», «Challenger», «Deuts-Fahr», «Fendt», «JCB Fasttras», «John Deere», «Lamborghini», «Landini», «Massey Ferguson», «Claas», «New Holland», «Same», «Versitay», «Ag-Chem Terra-Gator», «Holmer-Terra», «Kirovets», «Vredo», «Me Cornsck», «ТЯ-200 Ярило», «Valtra». Найбільше придбано: «John Deere»-26%, «New Holland»-14%, «Беларус»-14%, «Case»-13%. Також проведений аналогічний аналіз по



вантажним автомобілям, зернозбиральним і кукурудзозбиральним комбайнам.

Розподіл машин і обладнання по регіонах України  
(відсоток до загальної кількості по Україні)



Інформація по сформованому за останні роки машиннотракторному парку дозволить найбільш правильно визначитись з спеціалізацією виробництва.

4. Автомобілі в агропідприємствах. Загальна кількість вантажних автомобілів зменшувалась стабільно в останні роки. З 100 до 80 тис. шт., 54% всіх вантажних автомобілів експлуатується в господарських товариствах.

Фермерські господарства становлять 75% всіх зареєстрованих сільськогосподарських підприємств, на їхню долю приходить 17% парку вантажних автомобілів, але на 100 фермерських господарств зареєстровано лише 42 автомобіля.

Оновлення парку автомобілів на підприємствах агропромислового комплексу здійснювалось шляхом придбання як нової, так і вживаної техніки.

Агропідприємства придбали в останні роки переважно нові вантажні автомобілі з дизельними двигунами вантажопід'ємністю до 5 т.

З іскровим запаленням було куплено всього 259 автомобілів за 6 років.

Висновок. Проведений аналіз дає можливість планувати розвиток інфраструктури обслуговування і ремонту машин та обладнання агропідприємств, закуповувати і проектувати відповідне технологічне обладнання, планувати виготовлення і постачання запасних частин.

Список використаних джерел

1. Организационные формы технологического сервиса и прогноз их развития в рыночных условиях ведения хозяйства в агропромышленном комплексе Украины. К., 2001. ННЦ ІМЕСГ, 2001. 170 с.

2. Науменко О. А. Обґрунтування структури сервісних центрів АПК. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Харків. 2010. Вип. 96: Ресурсозберігаючі технології, матеріали та обладнання у ремонт. вир-ві. С. 11-15.

3. Науменко А.А. Развитие системы ремонтно-обслуживающих услуг в АПК Украины. Motrol-Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa, том 15, вып.7, 2013, С. 72-78.

УДК 631

## ІННОВАЦІЙНИЙ РОЗВИТОК ГАЛУЗІ РОСЛИННИЦТВА

*Дев'ятко О. С.*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Аграрна галузь і, зокрема рослинництво, є важливою складовою економіки України: наша країна є провідним світовим виробником і експортером зерна [1].

Зернове господарство, як основа сільськогосподарського виробництва, має важливе народногосподарське значення для вирішення продовольчої проблеми держави. У близькій і віддаленій перспективах зерно залишиться фінансовим фундаментом аграрних підприємств, від якого залежить розвиток сільського господарства та соціальної сфери села [2].

Успішність функціонування галузі рослинництва у сільськогосподарському виробництві залежить від використання ефективних технологій, а звідси і від складових, які їх забезпечують і, зокрема, від ефективності використання мобільних енергетичних засобів, яка залежить від рівня універсальності останніх [3].

Використання інноваційних технологій в рослинництві передбачає ряд переваг у порівнянні з традиційними підходами [4].

Впровадження чогось нового у ланцюгу «людина – інновація» завжди ставить будь-якого керівника підприємства в рамки невпевненості, щодо успішної реалізації та запланованого результату.

Основними стримуючими факторами у ланці «людина» виступають: страх перед невідомим, а також змінами на нововведення, в іншому випадку це неможливість своєчасно відслідковувати новинки або відсутня фінансова спроможність у підприємства.

Відносно ланки «інновація» в цілому то їх класифікація вказує на широкий розподіл: за значущістю; за роллю в процесі виробництва; за

направленістю; за галузевою структурою; за характером потреб, що задовольняються; по предмету і сфері застосування; за глибиною зміни; за причинами виникнення; за масштабами поширення; по відношенню до розробки; за часом виходу на ринок, але в загальному, основним фактором виступає вплив, в майбутньому, виробленого інноваційний продукт.

Тому керівникові, який використовує «інновацію» в рослинництві слід чітко орієнтуватися в технологіях обробітку ґрунту та за потреби мати можливість своєчасно проаналізувати показники щодо його стану та ущільнення, а також перевірити якість виконання застосованих технологічних операцій.

На сучасному етапі агропромисловий комплекс забезпечений технікою, яка дозволяє створити найкращі умови для проростання сільськогосподарських культур. Однак, для економії ресурсів слід орієнтуватися на техніку, що обладнана автоматичними налаштуваннями, наприклад, при посіві чи обприскуванні, внесенні добрив у разі відсутності наявності складових, буде автоматичне відключення секцій сівалки чи обприскувача і повідомлення операторові щодо причини вимкнення.

Задіяння передбачених прийомів під час вирощування сільськогосподарських культур, щодо застосованих технологічних заходів забезпечує поліпшення структури ґрунту, дозволяє попереджувати проростання бур'янів, відводити ураження хворобами та напади шкідників тощо.

Програмне забезпечення, дозволяє проектувати маршрути руху, здійснювати моніторинг та виділяти зони неоднорідності поля щодо урожайності, через використання супутникового моніторингу чи моніторингу дронами.

Використання інноваційної техніки забезпечить для рослини сприятливі умови аерації ґрунту та насичення його вологою, що в свою чергу дозволить скоротити затрати часу на виконання операцій, завдяки точності на операціях висіву, обприскування та внесення добрив, а встановлена економія витратних матеріалів, завдяки інноваційним рішенням, в свою чергу впливає і на скорочення витрати палива.

Список використаних джерел

1. L. A. Petrenko, R. V. Shevchenko (2019) Innovatsii v roslynnytstvi: aktualni napriamy ta pokaznyky efektyvnosti vprovadzhennia [Innovations in crop production: current trends and performance indicators] Ahrosvit № 4, 2019 pp. 42-50 DOI: 10.32702/2306-6792.2019.4.42.

2. Zhurnal Ahronom Intensyfikatsiia tekhnolohii vyroshchuvannia pshenytsi ozymoi [elektronnyi resurs] <https://www.agronom.com.ua/intensyfikatsiya-tehnologiyi-vyroshhuvannya-pshenytsi-ozymoi/>

3. H. V. Shkarivskyi (2022) Perspektyvy rozvytku konstrukttsii enerhozasobiv klasychnoho komponuvannia [Prospects for the development of

energy equipment designs classic composition] *Zbirnyk tez Tech Energy 2022* pp. 95-97.

4. O. V. Kozachenko, A. Pakhuchyi, A. Solonytskyi (2022) Analiz enerhoiemnosti protsesu dvobarabannoho obchisuvalnogo prystroiu [Analysis of double-drum process energy capacity computing device] *Zbirnyk tez Tech Energy 2022* pp. 32-36.

ЗМІСТ

Стор.

*Секція*

*Стан та перспективи розвитку  
сучасної землеробської механіки*

|                                                                                                                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. ВИДАТНА НАУКОВА ПОСТАТЬ ДРУГОГО ТИСЯЧОЛІТТЯ<br><i>Войтюк Д. Г., Гуменюк Ю. О.</i>                                                                                         | 4  |
| 2. ВНЕСОК АКАДЕМІКА П.М. ВАСИЛЕНКА В НАУКОВІ<br>ДОСЛІДЖЕННЯ ЛАБОРАТОРІЇ ТА ІНСТИТУТУ<br>МАШИНОЗНАВСТВА І СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ МЕХАНІКИ<br><i>Войтюк Д. Г., Деркач О. П.</i> | 15 |
| 3. ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ДОСЛІДЖЕНЬ<br>ПОТОКОВОГО ГАРАНТИВНО-АДАПТИВНОГО УПРАВЛІННЯ<br>ОБРОБІТКОМ ҐРУНТУ<br><i>Кравчук В. І., Ганженко О. М., Іванюта М. В.</i>  | 18 |
| 4. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО<br><i>Пилипенко І. І., Калнагуз О. М., Семерня О. В.</i>                                                                 | 21 |
| 5. ДОСЛІДЖЕННЯ РУХУ КРИВОЛІНІЙНОГО РУХУ МАШИННО-<br>ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТУ<br><i>Калнагуз О. М., Семерня О. В., Сіренко Ю.В.</i>                                               | 24 |
| 6. УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ КРИТЕРІЇВ ВИРОБНИЧОЇ<br>ЕФЕКТИВНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ<br><i>Бантковський В. А., Лузан С. О.</i>                                        | 27 |
| 7. ВИЗНАЧЕННЯ ІМОВІРНІСНО-ОБҐРУНТОВАНОГО<br>КОЕФІЦІЄНТУ ЗАПАСУ ПРУЖНИХ СТІОК КУЛЬТИВАТОРА<br>МЕТОДОМ ІНВЕРСІЇ<br><i>Алфьоров О. І.</i>                                       | 30 |
| 8. ІННОВАЦІЙНИЙ ПІДХІД ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ<br>РОБОТИ МОБІЛЬНОЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ<br><i>Мітков В. Б.</i>                                                 | 34 |

9. ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ БПЛА AGRAS НА  
ОБПРИСКУВАННІ

*Холодюк О. В.* 37

10. АНАЛІЗ ФРАКТАЛЬНИХ ОЗНАК ГЕОМЕТРИЧНИХ МОДЕЛЕЙ  
ТУРБУЛЕНТНИХ ПОТОКІВ

*Шелудченко Б. А., Сукманюк О. М., Миненко С. В., Куликівський В. Л.* 42

11. ЗНОСОСТІЙКИЙ КОМПОЗИЦІЙНИЙ МАТЕРІАЛ ДЛЯ  
НАПЛАВЛЕННЯ

*Лузан С. О., Ситников П. А.* 44

*Секція*

*Механіко-технологічні процеси, робочі органи  
та машини для рослинництва*

1. ОБГРУНТУВАННЯ МЕХАНІЧНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ  
ДЛЯ РОЗВИТКУ РОСЛИН

*Теслюк В. В., Ікальчик М. І., Санчук Б. Ю.* 46

2. ВПЛИВ МАШИННО-ТРАКТОРНИХ АГРЕГАТІВ НА ФІЗИКО-  
МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТУ

*Теслюк В. В., Пономаренко О. В., Мацюк К. І.* 48

3. ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНОГО УДОСКОНАЛЕННЯ  
КОМБІНОВАНОГО ҐРУНТООБРОБНОГО ЗНАРЯДДЯ

*Теслюк В. В., Вечера О. М., Кініченко А. О.* 49

4. АНАЛІЗ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ КОРЕНЕЗБИРАЛЬНОЇ  
МАШИНИ

*Теслюк В. В., Щербак В. А., Покидько М. М.* 52

5. ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІНІМАЛІЗАЦІЇ  
ПЕРЕДПОСІВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ПІД СІВБУ ЦУКРОВИХ  
БУРЯКІВ

*Теслюк В. В., Івашина М. Б., Покидько М. М.* 54

|                                                                                                                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 6. АНАЛІЗ ТА УДОСКОНАЛЕННЯ КОПІРА АПАРАТА ВОДІННЯ<br>КОРЕНЕЗБИРАЛЬНОЇ МАШИНИ<br><i>Теслюк В. В., Барановський В. М., Швора В. О., Ярощук Д. Г.</i>             | 56 |
| 7. АНАЛІЗ ВНЕСЕННЯ ДОБРИВ В РЕАЛІЯХ СЬОГОДЕННЯ<br><i>Артьомов М. П., Романащенко О. А., Романащенко М. О.</i>                                                  | 58 |
| 8. ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ<br>РОБОЧИХ ОРГАНІВ ДООБРІЗЧИКА ГИЧКИ КОРЕНЕПЛОДІВ<br><i>Лукач В. С.</i>                                             | 60 |
| 9. ТЕНДЕНЦІЇ ЗБИРАННЯ ТА ПІСЛЯЗБИРАЛЬНОЇ ДОРОБКИ ЯГІД<br><i>Мартишко В. М., Вакуленко А. А.</i>                                                                | 64 |
| 10. СИСТЕМИ ДОГЛЯДУ ЗА ҐРУНТОМ У САДАХ<br><i>Мартишко В. М., Десяк О. О.</i>                                                                                   | 66 |
| 11. ТЕХНОЛОГІЯ ОЗОНУВАННЯ В ПРОЦЕСІ ПРОТРУЮВАННЯ<br>НАСІННЯ<br><i>Вечера О. М., Куянов В. В.</i>                                                               | 69 |
| 12. ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ВИТКІВ ШНЕКІВ ІЗ<br>ЛИСТОВИХ ЗАГОТОВОК<br><i>Пилипака С. Ф., Хропост В. І., Захарова І. О.</i>                                      | 71 |
| 13. МОДЕРНІЗАЦІЯ УНІВЕРСАЛЬНОГО ПРОТРУЮВАЧА<br>НАСІННЯ<br><i>Вечера О. М., Куянов В. В.</i>                                                                    | 74 |
| 14. РОЗМІЩЕННЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ТА ШВИДКІСТЬ РУХУ<br>АГРЕГАТУ ДЛЯ СМУГОВОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ: ЯКІСНІ ТА<br>ЕНЕРГЕТИЧНІ ПОКАЗНИКИ РОБОТИ<br><i>Дворник А. В.</i> | 77 |
| 15. ДОСЛІДЖЕННЯ ШВИДКІСНОГО СЕГМЕНТНО-ПАЛЬЦЕВОГО<br>РІЗАЛЬНОГО АПАРАТУ ЗЕРНОВОЇ ЖАТКИ<br><i>Засць М. Л., Целуйко А. А.</i>                                     | 80 |
| 16. ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНОТЕХНОЛОГІЧНОЇ<br>СХЕМИ КОМБІНОВАНОГО АГРЕГАТА<br><i>Петриченко Є. А., Герук С. М.</i>                                           | 84 |

|                                                                                                                                                                                                |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 17. ЕФЕКТИВНІСТЬ ВІБРОСЕПАРАЦІЇ ПРИ ПІДГОТОВЦІ НАСІННЄВОГО МАТЕРІАЛУ ГІРЧИЦІ<br><i>Козаченко О. В., Волковський О. М.</i>                                                                      | 87  |
| 18. УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ПНЕВМАТИЧНОЇ ВИСІВНОЇ СИСТЕМИ МАШИН ВНЕСЕННЯ ТВЕРДИХ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ<br><i>Онищенко В. Б., Береговий І. М., Адамчук О. В.</i>                                 | 89  |
| 19. УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ РОЗПИЛЮВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ ОБПРИСКУВАЧА ПОЛЬОВИХ КУЛЬТУР<br><i>Войтюк Д. Г., Онищенко В. Б., Онищенко Б. В.</i>                                                    | 92  |
| 20. ШЛЯХИ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ПРОЦЕСІВ ПРИГОТУВАННЯ ТРЕСТИ КОНОПЕЛЬ<br><i>Шейченко В. О., Коропченко С. П., Скоряк Ю. Б., Шаповал О. В.</i>                                                         | 94  |
| 21. АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ПОЛЬОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ БОРОНИ ДИСКОВОЇ ДСМ АГД-2,4<br><i>Волик Б. А., Лепеть Є. І., Матвієнко М. А.</i>                                                                    | 96  |
| 22. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ПО ОЧИЩЕННЮ НАСІННЯ ЦУКРОВОГО БУРЯКА ВІД ДИКОЇ РЕДЬКИ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ПОДАЧІ МАГНІТНОГО ПОРОШКУ В ЕЛЕКТРОМАГНІТНІЙ НАСІННЄОЧИСНІЙ МАШИНІ<br><i>Головченко Г. С.</i> | 98  |
| 23. МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ВТРАТИ МАСИ ТРАВМОВАНИХ БУЛЬБ КАРТОПЛІ ПРИ ТРИВАЛОМУ ЗБЕРІГАННІ<br><i>Грабар І. Г., Савін Н. О., Левик А. С.</i>                                                       | 101 |
| 24. ЖНИВАРКА З РІЗАННЯМ СТЕБЕЛ ІЗ КОВЗАННЯМ ТА ВРАХУВАННЯМ ШВИДКОСТІ РУХУ АГРЕГАТУ<br><i>Шейченко В. О., Дудніков І. А., Біловод О. І., Шевчук В. В.</i>                                       | 105 |
| 25. НОВІТНІ МЕТОДИ ПІСЛЯЗБИРАЛЬНОЇ ОБРОБКИ ЗЕРНА<br><i>Полєвода Ю. А.</i>                                                                                                                      | 107 |
| 26. МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ДЛЯ ЗМІЦНЕННЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ІНДУКЦІЙНИМ НАГРІВАННЯМ<br><i>Дворук В. І., Руденко В. Г., Бучко І. О., Добрansький С. С., Кіриєнко М. О.</i>                           | 110 |



27. ЧИСЛЕННЕ МОДЕЛЮВАННЯ ГАЗОДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ  
У ВІДЦЕНТРОВОМУ РАДІАЛЬНОМУ ВЕНТИЛЯТОРІ ПОСІВНИХ  
МАШИН

*Мельник В. І., Зеленський О. П., Зеленський А. П.* 114

28. АГРЕГАТ ДЛЯ ВИДАЛЕННЯ НАСІННЄВИХ СУЦВІТЬ  
ОЗИМОГО ЧАСНИКУ

*Волянський М. С., Супрун М. Ю.* 116

### *Секція*

## *Механіко-технологічні процеси, робочі органи та машини для тваринництва*

1. ГІДРАВЛІЧНІ УЩІЛЬНЕННЯ ВІДЦЕНТРОВИХ НАСОСІВ  
ТА СТЕНДОВІ ВИПРОБУВАННЯ НАСОСА  
З САМОВПОРЯДКОВАНИМ РОТОРОМ

*Горовий С. О.* 120

2. ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦІЇ В  
ПТАХІВНИЦТВІ

*Скляр О. Г., Скляр Р. В., Болтянський Б. В.* 123

3. СПОСОБИ ПЕРЕРОБКИ ПТАШИНОГО ПОСЛІДУ ДЛЯ  
ВИРОБНИЦТВА ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ

*Скляр О. Г., Скляр Р. В., Григоренко С. М.* 126

4. ОГЛЯД СПОСОБІВ ПЕРЕРОБКИ ПОСЛІДУ ПТИЦІ

*Скляр О. Г., Скляр Р. В., Комар А. С.* 130

5. ІНЖЕНЕРНА ТОЧКА ЗОРУ КРАТНОСТІ ГОДІВЛІ ВРХ

*Хмельовський В. С.* 133

6. ДО ПИТАННЯ ВПРОВАДЖЕННЯ «РОЗУМНИХ  
ТВАРИННИЦЬКИХ ФЕРМ» В УКРАЇНІ

*Ребенко В. І.* 136

7. АНАЛІЗ ЗАСОБУ ДЛЯ ПРИГОТУВАННЯ І РОЗДАВАННЯ  
КОРМІВ ТА ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ЛЮДИНИ-ОПЕРАТОРА

*Новицький А. В., Щекальова А. М., Новицький Ю. А.* 138

8. МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ РУХУ ЧАСТИНОК В  
ЦИЛІНДРИЧНОМУ КОНТЕЙНЕРІ ВІБРОЗМІШУВАЧА

*Волинець Є. О.*

140

*Секція*

*Технічний сервіс та інженерний менеджмент*

1. ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСТОТИ ВЛАСНИХ КОЛИВАНЬ СТРИЛИ  
БАШТОВОГО КРАНА

*Ромасевич Ю. О., Ловейкін В. С., Губар Я. С.*

144

2. ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ РЕЖИМІВ ТЕХНІЧНОГО  
КОНТРОЛЮ ГІДРАВЛІЧНИХ СИСТЕМ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ  
КОМБАЙНІВ

*Задорожнюк Д. В.*

146

3. ОГЛЯД МЕТОДІВ ПОШУКУ ЕКСТРЕМУМУ БАГАТОМІРНИХ  
ФУНКЦІЙ В ЗАДАЧАХ МАШИНОВИКОРИСТАННЯ АПК

*Можарівський Д. М., Надточій О. В.*

149

4. КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА РІВНЯ УПРАВЛІННЯ ТЕХНІЧНИМ  
КОНТРОЛЕМ МАШИНОВИКОРИСТАННЯ В  
АГРОПРОМИСЛОВОМУ КОМПЛЕКСІ

*Ничай І. М.*

153

5. ВПЛИВ КРИТЕРІЇВ ТЕХНІЧНОГО РІВНЯ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО  
КОМБАЙНА НА ЙОГО ЕФЕКТИВНІСТЬ

*Тітова Л. Л.*

155

6. CHARACTERIZATION OF ENGINEERING MANAGEMENT OF  
STATE OF INDEPENDENT ELEMENTS OF PLANT ENGINEERING  
SYSTEMS BASED ON CARRIER ETHERNET

*Sivak I. M.*

160

7. GENERAL PROVISIONS FOR EFFICIENCY OF OPERATION OF  
GRAIN HARVESTERS

*Shatrov R. R.*

162

|                                                                                                                                                                                |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 8. PECULIARITIES OF DETERMINING PARAMETERS<br>OF TECHNICAL CONDITION OF GRAIN HARVESTERS BY VIDEO<br>ENDOSCOPY DIAGNOSIS<br><i>Shvydun O. V.</i>                               | 167 |
| 9. АНАЛІЗ КОРОЗІЙНО-АКТИВНИХ КЛІМАТИЧНИХ ФАКТОРІВ<br>ПІД ЧАС ЗБЕРІГАННЯ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ<br><i>Кузьмич І. М.</i>                                                      | 170 |
| 10. PECULIARITIES OF DETERMINING PARAMETERS<br>FOR TECHNICAL CONTROL OF TECHNICAL CONDITION<br>PARAMETERS OF SELF-PROPELLED SPRAYERS<br><i>Liubchenko I. S.</i>                | 173 |
| 11. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ РОЗПОДІЛУ ВРОЖАЙНОСТІ<br>ЗЕРНА ТА СОЛОМИ ПО ПОЛЮ ПРИ ПРЯМОМУ<br>КОМБАЙНУВАННІ<br><i>Роговський І. Л.</i>                                             | 177 |
| 12. ВІДНОВЛЕННЯ ЛАНОК ГУСЕНИЦЬ ТА ВЕДУЧИХ КОЛІС<br>ТРАКТОРІВ ХТЗ КЛАСУ ТЯГИ 30 КН<br><i>Лисковець В. Р., Сиволапов В. А.</i>                                                   | 179 |
| 13. ОСНОВНІ ДЕФЕКТИ БЛОК-КАРТЕРА ДВИГУНА ЯМЗ-238<br><i>Нуані Сайнт Іфілс Флері, Сиволапов В. А.</i>                                                                            | 182 |
| 14. ДОСЛІДЖЕННЯ ПОШКОДЖЕНЬ ТА ВІДНОВЛЕННЯ РАМ<br>ТРЕЛЮВАЛЬНИХ ТРАКТОРІВ ЛТ-171<br><i>Попович К. А., Сиволапов В. А.</i>                                                        | 185 |
| 15. СУЧАСНІ РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ<br>ВИРОБНИЦТВА ТА ВІДНОВЛЕННЯ ВИКОНАВЧИХ ОРГАНІВ<br>СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН<br><i>Паладійчук Ю. Б., Телятник І. А.</i>            | 188 |
| 16. ОСОБЛИВОСТІ МЕХАНІКИ ПРОТЯГУВАННЯ ВНУТРІШНІХ<br>ПОВЕРХОНЬ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ ТА ВІДНОВЛЕННІ<br>ПОРОЖНИСТИХ ДЕТАЛЕЙ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ<br>ТЕХНІКИ<br><i>Телятник І. А.</i> | 191 |

|                                                                                                                                                   |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 17. ОСОБЛИВОСТІ ДІАГНОСТУВАННЯ ЕЛЕКТРОННОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ДВИГУНОМ АВТОМОБІЛЯ<br><i>Куликівський В. Л.</i>                                     | 193 |
| 18. НАСОСИ НШ ДЛЯ ТРАКТОРІВ, АВТОМОБІЛІВ ТА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН<br><i>Автухов А. К., Стріляний М. О.</i>                                  | 196 |
| 19. ВПЛИВ ЗАБРУДНЕНOSTІ І ОБВОДНЕННЯ ДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА НА ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ ПАЛИВНОЇ АПАРАТУРИ<br><i>Бончик В. С., Дуганець В. І., Федірко П. П.</i> | 198 |
| 20. ФОРМУВАННЯ ПРОГРАМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ НА СТАДІЇ ПРОЄКТУВАННЯ ТА РОЗРОБКИ<br><i>Новицький А. В.</i>        | 201 |

### *Секція*

#### *Автоматизація, ІПТ та енергетика в АПК*

|                                                                                                                                      |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1. РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ПРИ ВИРІШЕННІ ПРИКЛАДНИХ ЗАДАЧ В АПВ<br><i>Левкін Д. А., Котко Я. М., Левкін А. В.</i>  | 205 |
| 2. РОЗРОБКА КОНЦЕПЦІЇ ПРИСТРОЮ ДЛЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ МАЛОГАБАРИТНИХ ВАНТАЖІВ<br><i>Ромасевич Ю. О., Ловейкін В. С., Зарівний О. Ю.</i> | 207 |
| 3. ВІТРОВА ЕНЕРГЕТИКА – СУЧАСНИЙ СТАН В КРАЇНІ ТА СВІТІ<br><i>Сіренко Ю. В., Калнагуз О. М., Семерня О. В.</i>                       | 210 |
| 4. СУЧАСНИЙ СТАН СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ<br><i>Сіренко Ю. В., Калнагуз О. М.</i>                                               | 213 |
| 5. СУЧАСНИЙ СТАН СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ВИРОБНИЦТВА МОЛОКА<br><i>Лубенець Р. А., Сіренко Ю. В.</i>              | 217 |
|                                                                                                                                      | 220 |

6. СТАН СИСТЕМ ЕЛЕКТРИФІКАЦІЇ ТА АВТОМАТИЗАЦІЇ  
ПРОЦЕСІВ ВИРОБНИЦТВА МОЛОКА

*Бурнос С. М., Сіренко Ю. В.*

7. БЕЗПЕРЕРВНА РЕЄСТРАЦІЯ ДАНИХ  
ПРИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ  
ЕЛЕКТРОТЕПЛОМЕХАНІЧНОЇ СИСТЕМИ БІОГАЗОВОГО  
РЕАКТОРА

*Заблудський М. М., Сподоба М. О.*

223

8. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ ПОВІТРЯ-  
ДУТТЬОВОГО ВУЗЛА НА РІВНОМІРНІСТЬ РОЗПОДІЛУ  
ПОВІТРЯНИХ МАС  
В ГАЗОГЕНЕРАТОРІ

*Голуб Г. А., Цивенкова Н. М., Чуба В. В., Омаров І. С.*

226

9. ДИНАМІКА УПРАВЛІННЯ МОБІЛЬНИМИ ОБ'ЄКТАМИ  
З РОЗПОДІЛЕНИМ ВЕКТОРОМ ТЯГИ

*Грабар І. Г., Заєць М. Л.*

230

10. ДОСЛІДНИЙ ЗРАЗОК ЕЛЕКТРОТРАКТОРА ОСОБЛИВО  
МАЛОГО КЛАСУ

*Грабар І. Г., Ковалик О. М., Кирилюк І. Ф.*

234

11. ОБГРУНТУВАННЯ НАДІЙНОСТІ ПАЛИВНИХ СИСТЕМ  
ДИЗЕЛІВ ПРИ ВИКОРИСТАННІ БІОПАЛЬНИХ

*Журавель Д. П.*

238

12. ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ КОМП'ЮТЕРНОГО  
МОДЕЛЮВАННЯ В АГРАРНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

*Шелест М. С., Зубко В. М.*

241

## Секція

### *Інновація аграрної науки, освіта, виробництво*

1. ПРІОРИТЕТНІ ЗАВДАННЯ ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ  
ФАХІВЦІВ АГРАРНОЇ ГАЛУЗІ В УКРАЇНІ НА ШЛЯХУ  
ДО ЇЇ МОДЕРНІЗАЦІЇ

*Квашук О. В.*

243

247

2. СТВОРЕННЯ НОВОГО ОСВІТНЬОГО ПРОДУКТУ В МЕЖАХ  
ОКРЕМОГО ВЗЯТОГО ЗВО ЧЕРЕЗ ВПРОВАДЖЕННЯ ДОРОЖНЬОЇ  
КАРТИ ДУАЛЬНОЇ ОСВІТИ

*Семерня О. В., Калнагуз О. М., Сіренко Ю. В.*

3. АЛГОРИТМ ДІЙ ПО СТВОРЕННЮ БЕЗПЕЧНИХ ТА  
БЕЗАВАРІЙНИХ УМОВ ПРАЦІ У СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ  
ПІДПРИЄМСТВАХ В УМОВАХ ВІЙНИ В УКРАЇНІ

*Семерня О. В., Калнагуз О. М., Сіренко Ю. В.*

249

4. СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ ГАЛУЗІ РИБНИЦТВА В УКРАЇНІ

*Уманський М. О., Братішко В. В.*

252

5. РОЗВИТОК ІНФРАСТРУКТУРИ ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ  
МАШИН АПК

*Науменко О. А., Біловод О. І.*

255

6. ІННОВАЦІЙНИЙ РОЗВИТОК ГАЛУЗІ РОСЛИННИЦТВА

*Дев'ятко О. С.*

258

ISBN 978-617-8102-06-7

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

**ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ  
XIX МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ  
"Сучасні проблеми землеробської механіки"  
(16–18 жовтня 2022 року)  
присвяченій 122 річниці з дня народження академіка  
Петра Мефодійовича Василенка**

*Відповідальні за випуск:*

*І.Л. Rogovskiy* – завідувач кафедри технічного сервісу та  
інженерного менеджменту імені  
М. П. Момотенка НУБіП України.

*Редактор – І. Л. Rogovskiy.*

*Дизайн і верстка – кафедра технічного сервісу та інженерного  
менеджменту імені М. П. Момотенка НУБіП України.*

*Адреса – 03041, Україна, м. Київ, вул. Героїв Оборони, 12<sup>б</sup>, НУБіП  
України, навч. корп. 11, кімн. 208.*

---

---

Підписано до друку 15.10.2022. Формат 60×84 1/16.  
Папір Maestro Print. Друк офсетний. Гарнітура Times New Roman  
та Arial. Друк. арк. 1,6. Ум.-друк. арк. 1,7. Наклад 150 прим.  
Ум.-друк. арк. 14,42. Наклад 150 прим.  
Зам. № 17-11 від 12.10.2022.

---

---

© НУБіП України, 2022.  
© ЖАТФК, 2022.

---