



Міністерство аграрної політики
та продовольства України



УкрНДІПВТ
ім. Л. Погорілого

ISBN 978-617-657-097-4

"Науково-технічні засади розроблення, випробування та прогнозування сільськогосподарської техніки і технологій"

МАТЕРІАЛИ XXII Міжнародної наукової конференції



Казахстан



Болгарія



Польща



Україна



Угорщина



Франція

Ipsum

Дослідницьке, 2022

МІНІСТЕРСТВО АГРАРНОЇ ПОЛІТИКИ ТА ПРОДОВОЛЬСТВА УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНА НАУКОВА УСТАНОВА «УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВО-
ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ ПРОГНОЗУВАННЯ ТА ВИПРОБУВАННЯ ТЕХНІКИ
І ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА
ІМЕНІ ЛЕОНІДА ПОГОРІЛОГО»
(УКРНДПІВТ ІМ. Л. ПОГОРІЛОГО)

**Науково-технічні засади розроблення,
випробування та прогнозування
сільськогосподарської техніки і технологій**

**Матеріали
XXII Міжнародної наукової конференції**

23 вересня 2022 року

Дослідницьке – 2022

УДК 005.745:631:3:(043.2)

Організатор конференції: Державна наукова установа «Український науково-дослідний інститут прогнозування та випробування техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва імені Леоніда Погорілого» (УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого).

Наукові доповіді XXII Міжнародної наукової конференції «Науково-технічні засади розроблення, випробування та прогнозування сільськогосподарської техніки і технологій», 23 вересня 2022 року, УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого; Україна, Дослідницьке, 2022. – 206 с.

Наукові доповіді подано в авторській редакції.

У збірнику наукових доповідей наведено результати обговорення проблем прогнозування, конструювання, випробування сільськогосподарської техніки та обладнання, питання розвитку новітніх технологій в АПК, їх дослідження та управління, а також проблем енергозбереження та альтернативної енергетики.

ISBN 978-617-657-097-4

**Науково-технічні засади розроблення, випробування та
прогнозування сільськогосподарської техніки і технології**

**Матеріали
XXII Міжнародної наукової конференції**

23 вересня 2022 року

УДК 005.745:631:3:(043.2)

ISBN 978-617-657-097-4

© УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, 2022.

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Головний редактор – Халін С., канд. екон. наук

(УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого)

Заступник головного редактора – Гайдай Т., канд. техн. наук

(УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого)

Відповідальний секретар – Бабинець Т., канд. екон. наук

(УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого)

Члени редакційної колегії

Алтибаєв А., д-р. техн. наук (Науково-виробничий центр агроінженерії, Казахстан)

Баранов Г., д-р. техн. наук, проф. (Національний транспортний університет)

Вахній С., д-р. с.-г. наук, проф., (Білоцерківський НАУ)

Ветохін В., д-р техн. наук, проф. (Полтавський ДАУ)

Войтюк Д., канд. техн. наук, проф., чл.-кор. НААНУ (НУБіП України)

Гадзало Я., д-р. с.-г. наук, акад. НААНУ (НААН України)

Голуб Г., д-р. техн. наук, проф. (НУБіП України)

Занько М., канд. техн. наук (УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого)

Камінський В., д-р. с.-г. наук, акад. НААНУ (ННЦ «Інститут землеробства НААНУ»)

Карпук Л., д-р. с.-г. наук, проф., (Білоцерківський НАУ)

Кангалов П., д-р. техн. наук, проф. (Русенський університет ім. Ангела Кинчева, Болгарія)

Коробко А., канд. техн. наук, доц., (Харківська філія УкрНДІПВТ ім. Л.Погорілого)

Кравчук В., д-р. техн. наук, проф., акад. НААНУ (Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААНУ)

Кюрчев В., д-р. техн. наук, проф., чл.-кор. НААНУ (Таврійський ДАТУ)

Лебедеєв С., канд. техн. наук, (Харківська філія УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого)

Лиховид П., канд. с.-г. наук (Інститут зрошуваного землеробства НААНУ)

Майданович Н., канд. географ. наук (УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого)

Малярчук В., канд. с.-г. наук (Південно-Українська філія УкрНДІПВТ ім. Л.Погорілого)

Малярчук М., д-р. с.-г. наук (Інститут зрошуваного землеробства НААНУ)

Махалек А., канд. техн. наук (Інститут сільськогосподарського машинобудування Праги, Чехія)

Михайлов Н., д-р. техн. наук, проф. (Русенський університет ім. Ангела Кинчева, Болгарія)

Новохацький М., канд. с.-г. наук, доц. (УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого)

Роговський І., д-р. техн. наук, проф. ((НУБіП України)

Смоляр В., канд. с.-г. наук (УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого)

Фіала М., д-р. с.-г. наук, проф. (Університет Мілана, Італія)

Шевченко І., д-р. техн. наук, д-р хабілітат (Польща), проф., чл.-кор. НААНУ (Інститут олійних культур НААНУ)

Шустік Л., канд. техн. наук (УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого)

Щепаняк Я., д-р техн. наук, проф. (Дослідницька мережа Лукасевич ПІМР, Польща)

Яцкул А., канд. техн. наук, (Політехнічний Інститут UniLaSaalle, Франція)

ЗМІСТ

Войтюк Д., Гуменюк Ю.

Леонід Погорілий – гордість «Альма-Матер»..... 7

СЕКЦІЯ 1. СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКА ТЕХНІКА ТА ОБЛАДНАННЯ: ПРОГНОЗУВАННЯ, КОНСТРУЮВАННЯ, ВИПРОБУВАННЯ

Алтибаєв А., Ветохін В.

**ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ПРИКЛАДНИХ
ДОСЛІДЖЕНЬ ПРОЦЕСІВ МАШИНОВИКОРИСТАННЯ..... 13**

Халін С., Занько М., Гайдай Т., Степченко С.

**РОЗРОБЛЕННЯ МЕТОДИЧНИХ ПРИНЦИПІВ ПОБУДОВИ
ГРАФІЧНОЇ МОДЕЛІ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА..... 17**

Сало Я., Мачуга О., Луста Ю., Шалапай В., Бляшинець Ю.

**ПІДХОДИ ДО ПРОГНОЗУВАННЯ НАСЛІДКІВ ВЗАЄМОДІЇ
МОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ З РОБОЧИМ СЕРЕДОВИЩЕМ..... 26**

Лебедєв С., Лебедєв А., Коробко А., Шевченко І.

**ФОРМУВАННЯ МЕТОДОЛОГІЇ СИСТЕМНОГО ОЦІНЮВАННЯ
ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ЯКОСТЕЙ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ
ТРАКТОРІВ..... 33**

Коробко А., Калінін Є., Шевченко І.

**АНАЛІЗ РОБОТИ МЕХАНІЧНОЇ СИСТЕМИ ПРИ ВВЕДЕННІ ДО
НЕЇ ЕЛЕКТРОДИНАМІЧНОЇ ТА ПРУЖНОЇ СКЛАДОВИХ..... 39**

Лебедєв С., Козлов Ю., Калінін Є., Шевченко І.

**УЗАГАЛЬНЕННЯ ДИНАМІКИ СИСТЕМ У РЕЖИМАХ
РЕЗОНАНСІВ..... 46**

Денисенко М., Лозинська В., Волошин В., Майстренко Б.

**ІННОВАЦІЙНІ НАНОТЕХНОЛОГІЇ В АГРОПРОМИСЛОВОМУ
КОМПЛЕКСІ ТА ЇХНЯ КЛАСИФІКАЦІЯ..... 51**

Ветохін Т., Рижкова Т.

**СТОСОВНО АНАЛІЗУ СИЛ, ЯКІ ДІЮТЬ У СИСТЕМІ ГОЛКА-
ГРУНТ ПІД ЧАС РОБОТИ ІНЖЕКЦІЙНОГО РОТАЦІЙНОГО
ГОЛЧАСТОГО ЗНАРЯДДЯ..... 58**

Денисенко М., Дяченко П., Лісовський Л.

**ПЕРСПЕКТИВНА ТЕХНОЛОГІЯ ЗМІЦНЕННЯ ТА ВІДНОВЛЕН-
НЯ ДЕТАЛЕЙ «ЛЕМІШ ПЛУГА» І «ЛАПА КУЛЬТИВАТОРА»..... 64**

<i>Денисенко М., Кривенко О., Райнич Є.</i> УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ КРАПКОВОГО ЗМІЦНЕННЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ҐРУНТООБРОБНИХ СІЛЬСЬКОГОСПО- ДАРСЬКИХ МАШИН.....	71
<i>Налобіна О., Шимко А., Бундза О. Голотюк М.</i> МАШИНА ДЛЯ ВИДАЛЕННЯ ШКІРКИ З ПЛОДІВ ГАРБУЗА.....	78
<i>Шевчук В., Сукач О., Шевчук Р.</i> КОЕФІЦІЄНТИ ОПОРУ КОЧЕННЮ І ЗЧЕПЛЕННЯ МОТОБЛОКА “МОТОР СІЧ МБ-6Д”	85
<i>Калінін Є., Лебедєв С.</i> ІМІТАЦІЯ ТЯГОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ ШВИДКІСНИХ ГУСЕНИЧНИХ ТРАКТОРІВ.....	90
<i>Калінін Є.</i> АНАЛІЗ ТЯГОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАР- СЬКИХ ТРАКТОРІВ ІЗ ГУМОАРМОВАНИМИ ГУСЕНИЦЯМИ.....	96
<i>Погорілий В., Сидоренко В.</i> ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАТВЕРДЖЕННЯ ТИПУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАР- СЬКИХ ЗАСОБІВ – ПІДСУМКИ РОБОТИ ЦЕНТРУ ВИПРОБУВАНЬ..	104
<i>Постельга С.</i> МЕТОДИЧНЕ І ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИПРОБУВАНЬ ПНЕВМАТИЧНИХ ГАЛЬМІВНИХ СИСТЕМ ПРИЧЕПІВ.....	115
<i>Калінін Є., Колєсник І.</i> НАУКОВА ГІПОТЕЗА НЕУСТАЛЕНОГО РУХУ ТРАКТОРНО- ТРАНСПОРТНОГО ПОЇЗДА.....	124
<i>Колєсник І., Колєсник Ю., Козлов Ю.</i> МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РУХУ ТРАКТОРНО- ТРАНСПОРТНОГО ПОЇЗДА З ПРУЖНОДЕМПФУВАЛЬНИМИ ЗВ’ЯЗКАМИ.....	128
<i>Колєсник І.</i> ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ПРУЖНОДЕМПФУВАЛЬНИХ ЗВ’ЯЗКІВ У СИСТЕМІ АМОРТИЗАЦІЇ ТЯГОВО-ЗЧІПНОГО З’ЄДНАННЯ ПРИЧЕПА ТА ТЯГАЧА.....	133
<i>Колєсник Ю.</i> ВПЛИВ НЕСТІЙКОСТІ РУХУ ТРАКТОРНО-ТРАНСПОРТНОГО ПОЇЗДА НА ВЕЛИЧИНУ СИЛИ ОПОРУ РУХУ.....	139

<i>Думич В., Мачуга О., Стиранівський О., Герис М.</i> ТИПИ ТА КОНСТРУКЦІЇ МАШИН ДЛЯ ВИКОПУВАННЯ САДЖАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ В ЛІСОРОЗСАДНИКАХ.....	144
---	-----

СЕКЦІЯ II. НОВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ В АПК:

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА УПРАВЛІННЯ

<i>Баранов Г., Комісаренко О., Кравчук В., Іванюта М.</i> ПАРАДИГМА ТЕХНОЛОГІЙ КЕРОВАНОВОГО (ТОЧНОГО) ЗЕМЛЕРОБСТВА В УМОВАХ ГЛОБАЛЬНИХ ЗАГРОЗ.....	154
--	-----

<i>Новохацький М., Клочай О.</i> ДИНАМІКА ЕЛЕМЕНТІВ ЖИВЛЕННЯ В ОРНОМУ ШАРІ ГРУНТУ ПІД ЧАС ВИРОЩУВАННЯ СОЇ ЗА РІЗНИХ СИСТЕМ ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ.....	158
---	-----

<i>Майданович Н.</i> ДОСЛІДЖЕННЯ ЗВ'ЯЗКУ ВРОЖАЙНОСТІ ЗЕРНОВИХ ТА ЗЕРНОБОБОВИХ КУЛЬТУР З ІНДЕКСОМ ЗДОРОВ'Я РОСЛИННОСТІ.....	167
--	-----

<i>Шустік Л., Гайдай Т., Степченко С., Сидоренко С., Лень О., Клочай О.</i> УЛЬТРАМІЛКІЙ ПОВЕРХНЕВИЙ ОБРОБІТОК ГРУНТУ КУЛЬТИВАТОРОМ КД-4 «КОЛІСНИЦЯ».....	171
---	-----

<i>Сало Я., Думич В., Бова Д.</i> ВПЛИВ ПОЗАКОРЕНЕВОГО ЖИВЛЕННЯ ТА УЩІЛЬНЕННЯ ГРУНТУ КОЛЕСАМИ ПОСІВНОГО МТА НА ВРОЖАЙНІСТЬ КУКУРУДЗИ.....	183
---	-----

<i>Халін С., Пшеняк П., Смоляр В., Бабинець Т.</i> ВЕТЕРИНАРНО-САНІТАРНІ ПРАВИЛА ФУНКЦІОНУВАННЯ МАЛОЇ СВИНОФЕРМИ.....	191
---	-----

СЕКЦІЯ III. ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА АЛЬТЕРНАТИВНА ЕНЕРГЕТИКА

<i>Желєзна Т., Драгнєв С.</i> ПЕРСПЕКТИВИ ВИРОБНИЦТВА РІДКИХ БІОПАЛИВ З АГРОБІОМАСИ ДЛЯ АВІАЦІЇ ТА ВОДНОГО ТРАНСПОРТУ УКРАЇНИ.....	199
--	-----

ЛЕОНІД ПОГОРІЛИЙ - ГОРДІСТЬ «АЛЬМА-МАТЕР»

Войтюк Д., канд. техн. наук, проф.,

Гуменюк Ю., канд. техн. наук, доц.,

Національний університет біоресурсів і природокористування України



Леонід Володимирович Погорілий був найбільш талановитим представником наукової школи П. М. Василенка.

Феномен цього видатного вченого, інженера-дослідника не тільки результат фундаментальної освіти, величезної, цілеспрямованої роботи в досягненні поставленої мети, але передовсім в його природній обдарованості і здатності розвивати та примножувати свої розумові здібності.

Після закінчення із срібною медаллю школи в 1953 році він вступив на факультет механізації Української сільськогосподарської академії і з головою поринув у вир студентського життя, звертаючи на себе увагу і викладачів, і студентів як безсумнівний лідер.

Особливе захоплення у студента 3 курсу Леоніда Погорілого викликав знаменитий вже на той час член-кореспондент академії наук України професор Петро Мефодійович Василенко, який викладав на факультеті курс теорії сільськогосподарських машин. Студентові імпонували: ясність, образність, логічність і чіткість викладу складних закономірностей процесів сільськогосподарських машин.

Пізніше Леонід Погорілий напише: «Мені відкрилось, що у всій цій, здавалося б «темній» і «грубій» матерії, такій як обробіток ґрунту, посів і

обмолот, сепарація і рух матеріальних тіл є червона нитка логіки і чітких закономірностей механіки, корисних для розроблення техніки і блага людини».

Великий вплив на формування наукових уподобань, громадянських і загальнолюдських цінностей в студентські роки і впродовж життя справляв на Леоніда Володимировича доцент кафедри сільгоспмашин Пилип Трохимович Гончаренко – великий мрійник, знавець культури і мистецтва, відрізнявся принциповістю і незалежністю своєї думки, був репресований, а потім реабілітований.

Таке спілкування з видатними особистостями сприяло тому, що вже в студентські роки, сповнений юнацького максималізму, він повірив у могутність людського розуму, здатного не лише пізнавати світ, а й перетворювати його. І вже тоді він розмірковував над тим, як віднайти більш потужні засоби підвищення продуктивності праці і поставити їх на службу людям, як втілити творчу думку аби вона перетворилася в могутню виробничу силу.

Блискуче захистивши дипломний проект на тему «Свеклоуборочный комбайн с обрезкой ботвы на корне», Леонід Володимирович одержує диплом інженера-механіка, у додатку до якого по всіх 39 дисциплінах, курсових проектах і виробничих практиках лише відмінні оцінки. До речі, в атестаті зрілості у нього була одна четвірка з тригонометрії.

Свою інженерну діяльність молодий спеціаліст розпочав 20 липня 1958 року в Українській машиновипробувальній станції на посаді старшого наукового співробітника в лабораторії вирощування цукрових буряків і за 45 років свого трудового стажу Л. В. Погорілий жодного разу не змінював місце роботи.

Слід відзначити, що багато вчених захистили кандидатські і докторські дисертації у спеціалізованій вченій раді інженерних факультетів Української сільськогосподарської академії. Але захист кандидатської (1964 р.) і докторської (1976 р.) дисертацій Леонідом Погорілим – це були

події великого наукового злету наукової думки в розробленні і використанні фундаментальних методів досліджень стосовно бурякозбиральної техніки, оптимізації комплексів машин, використанні аналітичних і статистичних методів досліджень, глибокої логіки і педагогічної майстерності у викладі складних закономірностей механізованих процесів сільськогосподарського виробництва. Захисти дисертацій Л.В. Погорілого його наукові доповіді і виступи на науково-виробничих конференціях завжди були блискучими, мали великий науковий резонанс, були неперевершеним взірцем людської логіки і їхнього відлуння, знаходили відгук у всіх, хто мав щастя його слухати від академіків до рядових механізаторів і лаборантів.

Необхідно також відзначити, що крім хисту видатного науковця Леонід Володимирович мав неабиякий хист педагога. Він блискуче читав лекції студентам з основ наукових досліджень, працюючи за сумісництвом доцентом, а згодом професором кафедри сільськогосподарських машин УСГА. У співавторстві з академіком П. М. Василенком був виданий навчальний посібник «Основы научных исследований», яким користувались всі вищі сільськогосподарські навчальні заклади СРСР.

Широта наукової ерудиції, глибоке проникнення у фізичну та філософську сутність техніки та її випробування, рідкісне поєднання таланту експериментатора-випробувача з високим інтелектом теоретика дають підстави вважати Л. В. Погорілого належним до плеяди тих учених, які в XX столітті закладали основи машиновипробувальної справи.

У своїх реалізованих у практику методологічних і прогнозних наукових розробках у галузі сільськогосподарського машинобудування і випробувань академік Л. В. Погорілий втілював у життя геніальну думку академіка В. І Вернадського про те, що історія науки повинна допомогти правильно розуміти сьогодення, вести наукове дослідження і заглядати в майбутнє.

Академік Л. В. Погорілий залишив нам неоціненну наукову

спадщину, яка налічує 486 наукових праць, серед яких 42 книги і монографії, 50 авторських свідоцтв та патентів на винаходи. У своїх працях він окреслив основні напрямки науково-методичного забезпечення випробувань, сформулював ознаки машиновипробувань як наукової дисципліни.

Вчений вніс значний і загальновизнаний вклад у розроблення індустріальних інтенсивних технологій сільськогосподарського виробництва, встановив загальні закономірності розвитку сільськогосподарської техніки, математично описав виробничі функції індустріального виробництва, а також визначив принципи формування і розвитку зональних систем машин. Особливої уваги заслуговують удосконалені прийоми системного аналізу, які значно підвищують як достовірність самих випробувань, так і подальше прогнозування розвитку механізованих агротехнологій і обладнання. Він передбачив необхідність та обґрунтував основні напрямки розроблення та випробування технічних засобів для забезпечення новітніх інформаційних та екологізованих технологій, зокрема: системи точного землеробства (СТЗ), застосування біотехнологічних альтернатив захисту і удобрення рослин, використання поновлювальних джерел енергії тощо.

Академіком Л. В. Погорілим були вирішені теоретичні і практичні питання оптимального синтезу конструкційно-компонувальних рішень сільськогоспо-дарської техніки, визначені шляхи покращення її технологічних показників матеріало- і енергомісткості, розширення універсальності, підвищення надійності, досягнення високої продуктивності. Він обґрунтував системні критерії оцінки ефективності сільгоспмашин, технологічних ліній і комплексів завдяки забезпеченню гнучкості технологічних і виробничих процесів та використання блочно-модульних конструкційних рішень.

За його ініціативою розроблено та втілено у вітчизняну практику машиновипробувань основні методологічні положення організації

прискорених стендових випробувань складних сільськогосподарських машин.

«Доктор технічних наук, академік Української академії аграрних наук, Академії інженерних наук України, лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки, заслужений діяч науки і техніки України, член Асоціації аграрних інженерів США Леонід Володимирович Погорілий – гордість і окраса вітчизняного сільгоспмашинобудування, світоч нашої інженерної думки, фундатор системного підходу до методології випробувань сільськогосподарської техніки» - це слова Президента Української академії аграрних наук М. В. Зубця, присвячені Л. В. Погорілому – «Аграрій за покликанням, інженер за фахом, він ініціював створення фундаментальної бази для випробувань сільськогосподарської техніки під час постановки її на виробництво: з його науковими досягненнями й досі звіряються машиновипробувальні установи на всьому пострадянському просторі, його набутки взяті до уваги в Європі та Сполучених Штатах Америки, а вітчизняна наука пишається тим, які таланти здатна породжувати наша квітуча й щедра українська нива».

«З легкої руки Л. В. Погорілого ми маємо сьогодні цілу плеяду докторів і кандидатів технічних наук – еліти вищої школи, академічної науки та сьогоденного українського машинобудування, де вислів «школа Погорілого» житиме і визначатиме професіоналізм, інтелектуальні високості і нерозривне єднання теорії з практикою. Це означає, що Леонід Володимирович і сьогодні з нами, що він став для нас мірилом і взірцем досягнень, сподівань, порядності й високої людяності – адже продовжує жити його справа, країна пишається його учнями, а науковий інститут, якому він присвятив більшу частину свого плідного життя, з любов'ю носить ім'я Леоніда Погорілого».

Колектив кафедри сільськогосподарських машин та системотехніки імені академіка П. М. Василенка пишається тим, що академік Леонід Погорілий був її вихованцем і впродовж усієї своєї наукової діяльності

співпрацював з колективом, пізнав радість і натхнення у написанні фундаментальних наукових праць, створенні на базі скромної машиновипробувальної станції відомого у світі науково-дослідного закладу з випробувань сільськогосподарської техніки і авторитетної наукової школи з методології випробувань сільськогосподарської техніки і технології. Ми чітко усвідомлюємо свою відповідальність свято шанувати і продовжувати наукові ідеї своїх видатних попередників і розуміємо, що Україна, як і увесь світ, стоїть на порозі четвертої промислової революції, яка характеризується злиттям технологій і стиранням граней між фізичними, цифровими і біологічними сферами. Вона змусить нас по-новому поглянути на управління як державною, так і освітньою та науковою галузями, навчальними закладами, а також підготовки фахівців для «розумного» виробництва, у якому домінуватимуть інтелектуальні роботизовані системи.

Література

1. Погорілий Л. В. Бібліографічний покажчик наукових праць за 1959-2004 роки. Київ, Аграрна наука, 2004. – 132 с.
2. Таргоня Н. С. Внесок академіка Л. В. Погорілого (1934-2003) в розвиток випробувань сільськогосподарської техніки в Україні. Рукопис дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата історичних наук. Державна наукова сільськогосподарська бібліотека УААН. Київ, 2009. – 237с.
3. Історія освіти, науки і техніки в Україні. Матеріали XIV Всеукраїнської конференції молодих учених та спеціалістів. Київ: Компринт, 2019.

СЕКЦІЯ І.
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКА ТЕХНІКА ТА ОБЛАДНАННЯ:
ПРОГНОЗУВАННЯ, КОНСТРУЮВАННЯ, ВИПРОБУВАННЯ

УДК 631:004.9

**ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ПРИКЛАДНИХ
ДОСЛІДЖЕНЬ ПРОЦЕСІВ МАШИНОВИКОРИСТАННЯ**

Алтибаєв А., д-р техн. наук, 07alnar.alty@gmail.com,

Науково-виробничий центр агроінженерії, м. Алмати, Казахстан,

Ветохін В., д-р. техн. наук, проф., veto.vladim@gmail.com,

Полтавський державний аграрний університет

Вступ. Процеси машиновикористання у сільському господарстві відносяться до найскладніших систем, оскільки їх практична реалізація пов'язана з взаємодією технічних, виробничо-технологічних, природно-кліматичних, біологічних і соціальних чинників. Вочевидь, що інформатизація такої складної системи не є можливою у межах традиційних методик та підходів до досліджень.

Сучасною парадигмою прикладних досліджень є поглиблений аналіз факторів із використанням технології інтелектуального аналізу даних [1, 2]. Поява такої технології пов'язана, насамперед, із необхідністю аналітичної обробки надвеликих обсягів інформації, яка накопичується. Можливість використання відомих методів математичної статистики та машинного навчання для вирішення подібних завдань відкрило нові можливості перед аналітиками, дослідниками, а також тими, хто приймає рішення – менеджерами та керівниками компаній.

Водночас, незважаючи на велику кількість науково-технічної інформації загального характеру, питання інформатизації процесів сільськогосподарського виробництва, зокрема й інженерно-технічні аспекти машиновикористання, поки що не стали предметом спеціального дослідження, що є однією з причин значного відставання у цій галузі.

Мета роботи – сформулювати підходи для структурування процесу представлення інформаційної моделі в предметній зоні баз даних (БД).

Матеріали і методи. Методологічним орієнтиром досліджень служило визнання цільового призначення об'єкта дослідження, виходячи з парадигми

ведення агробізнесу в умовах ринкових відносин. Визначальним фактором ефективності виробничо-керівної системи є здатність своєчасно реалізувати організаційно-технологічні рішення на основі оперативних та достовірних даних. Організаційну основу проектування автоматизованої системи для прикладних досліджень становить інтеграція знань, носіями яких є спеціалісти ІТ-технологій, спеціалісти та вчені предметної галузі, а також вчені-аналітики у галузі системних досліджень.

Результати та обговорення.

Аналіз та узагальнення процесів розроблення, впровадження та експлуатації інформаційних технологій та систем [3], а також результатів прикладних досліджень у галузі машиновикористання в сільському господарстві [4, 5] дають змогу зробити ряд висновків методологічного порядку, до найважливіших з яких відносяться:

- пріоритетним у прикладній інформатиці стають не прагматичні, вузькоспеціалізовані знання, а методологічно важливі, інваріантні знання, які сприяють цілісному сприйняттю наукової картини навколишнього світу, інтелектуальному розвитку системи та її адаптації у швидкозмінних умовах;
- організовуючи інформатизацію реальних виробничо-технологічних процесів, слід керуватися тим, що успішну її реалізацію визначає, перш за все, наявність творчої команди фахівців, яка складається, як мінімум, з трьох груп: фахівці предметної галузі, науковців-системних аналітиків та фахівців ІТ-технологій;
- загальна постановка завдання інформатизації процесів машиновикористання у сільському господарстві має виходити із сучасної парадигми розвитку сільського господарства, суть якої зводиться до технологічної модернізації виробництва як системи;
- провідним методологічним орієнтиром у системному аналізі процесів машиновикористання у сільському господарстві мають бути принципи зонального підходу та пріоритет агроеліоративних технологій, оскільки саме агротехнології регламентують правила робіт в умовах обмежених ресурсів;

- у процесі інформатизації відбувається трансформація моделей реальних виробничих процесів в інформаційні моделі, функціонування яких відображає взаємодію ресурсів, представлених як інформаційні потоки, які супроводжуються радикальним переосмисленням стратегії організації предметної галузі.

Як найбільш актуальні наукові завдання, можна виділити такі:

- забезпечення програмної інтеграції на основі концепції сховища даних;
- розроблення алгоритмів інформаційних потоків, які відображають реальні процеси машиновикористання.

Практична реалізація вищезазначених підходів у сукупності з програмно-апаратними можливостями сучасних інформаційно-комунікаційних та цифрових технологій дала змогу сформулювати найбільш адекватні системи формування методичного та техніко-технологічного інструментарію, відповідно для організації прикладних досліджень [6, 7] та для розроблення інноваційних рішень технічного та технологічного порядку [8 - 11] щодо підвищення ефективності процесів машиновикористання в сільському господарстві.

Висновки. Розвиток прикладних досліджень у галузі машиновикористання у сільському господарстві на основі інформаційно-комунікаційних та цифрових технологій дає змогу сформулювати нові сутності предметної галузі, наукове вивчення яких є базою у розробленні та впровадженні інноваційних рішень для реальних виробничо-технологічних процесів.

Література

1. Jirapond Muangprathub, Nathaphon Boonnam, Siriwan Kajornkasirat, Narongsak Lekbangpong, Apirat Wanichsombat, Pichetwut Nillaor. IoT and agriculture data analysis for smart farm. Computers and Electronics in Agriculture, Vol. 156, 2019, Pages 467-474, <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.12.011>.

2. A. Kaloxylas, R. Eigenmann, F. Teye, Z. Politopoulou, S. Wolfert, C. Shrank, M. Dillinger, I. Lampropoulou, E. Antoniou, L. Pesonen, N. Huether, T. Floerchinger, N. Alonistioti, G. Kormentzas. Farm management systems and the Future Internet era. Computers and Electronics in Agriculture, Vol. 89, 2012, Pag. 130-144, <https://doi.org/10.1016/j.compag.2012.09.002>.

3. Федоренко В. Ф. Информационные технологии в сельскохозяйственном производстве: научно-аналит. обзор. 2014. – 224 с.
4. Боргест Н. М., Будаев Д. В., Травин В. В. Онтология проектирования точного земледелия: состояние вопроса, пути решения. Онтология проектирования. 2017. №4 (26). С. 423-442.
5. Алтыбаев А. Н., Голиков В. А. Рекомендации по эффективному использованию техники, укрупнению крестьянских и фермерских хозяйств в условиях Юго-восточного региона Казахстана. – Алматы, 2011. – 88 с.
6. Есікенова А. Е., Алтыбаев А. Н. Моделирование процессов функционирования технологической системы обработки почвы. Наука. Образование. Молодежь. – Алматы, 2015. – С. 183-185.
7. Алтыбаев А. Н. К информатизации процессов принятия инженерно-технологических решений в агробизнесе. Механізація та електрифікація сільського господарства. – Глеваха, 2015. Вип. 2 (101). – С. 281–286.
http://nbuv.gov.ua/UJRN/mesg_2015_2_37.
8. Алтыбаев А. Н. Инновационные технологии в процессах машиноиспользования в сельском хозяйстве. Инновационные технологии в науке и образовании. ИТНО-2015. –Зерноград 2015. – С. 213–218.
9. Утенков Г. Л., Ветохин В. И. Концептуальные аспекты совершенствования машинных технологий возделывания зерновых. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки та технологій для сільського господарства України. – Дослідницьке, 2018. – Вип. 22 (36). – С. 210-220.
http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ttar_2018_22_30.
10. Ветохин В. И. Голдыбан В. В., Курилович М. И. К разработке оптического метода сортировки картофеля на основе системы интеллектуального анализа данных. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин Кропивницький. 2020. – Вип. 50. – С. 196-205.
<http://zbirniksgm.kntu.kr.ua/pdf/50/26.pdf>.
11. Ветохін В. І., Негребєцький І. С., Рижкова Т. Ю., Сало Я. М., Вознюк Т. А. Аналітичний огляд технічних рішень голчастих ротаційних знарядь для внесення рідких добрив в шар ґрунту. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. 2021. – Вип. 29(43). – С. 95-107.
<https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=DJ2022045533>

РОЗРОБЛЕННЯ МЕТОДИЧНИХ ПРИНЦИПІВ ПОБУДОВИ ГРАФІЧНОЇ МОДЕЛІ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА

Халін С., канд. екон. наук,

Занько М., канд. техн. наук,

Гайдай Т., канд. техн. наук,

Степченко С.,

УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого

Вступ. Дослідження зернозбирального комбайна, насамперед, спрямовані на дослідження його макросистеми – молотарки та побудови математичних моделей показників її призначення. За всіх видів її досліджень, з усіх можливих факторів впливу на оціночні показники роботи, розглядається та застосовується подача технологічної маси на обмолот. Тобто дослідження молотарки фактично базуються на експериментальному методі і проводяться як цілісна макросистема. Водночас до складу молотарки, як системи нижчого рівня, входять системи обмолоту, основної та остаточної сепарації, а також очищення зерна. Такий методичний підхід до молотарки не досліджує кожен її систему як окрему та проводить конкретний аналіз конструкції або технологічної схеми, встановлює зв'язок між елементами-технологічної системи.

Молотарка за конструкційним виконанням характеризується, як складна система. Провідна роль у формуванні оціночних показників якості роботи належить молотильно-сепарувальній системі (МСС) і системам остаточної сепарації зерна із грубого вороху (СОС) та очищення зерна (СОЗ).

За результатами досліджень [1] виконано аналіз конструкції барабанних молотильно-сепарувальних систем (МСС) і розроблено математичну модель процесу обмолоту в МСС.

На основі експериментальних досліджень [2] розроблена математична багатфакторна модель показника питомих витрат палива зернозбирального комбайна з молотарками різних типів. Вона проводить моделювання та

встановлює залежність питомих витрат палива від інших факторів, які входять до її складу. На основі математичних моделей побудовані графічні моделі, де запропоновані методи визначення питомих витрат палива залежно від технічних параметрів і продуктивності комбайна.

Графічне моделювання використано для визначення якості роботи класичної молотильно-сепарувальної системи – дроблення зерна залежно від вологості зерна і технологічних зазорів в МСС і частоти обертання молотильного барабана [3].

Для опису процесів обмолоту та сепарації зерна в аксіально-роторних і тангенційно-барабанних молотарках застосовано комплексну та унітарну стохастичну математичну модель [4].

Технічні характеристики комбайна пов'язані з продуктивністю обмолоту мінімальною величиною втрат і витратою палива [5]. Опис математичних моделей процесів молотарки є першим кроком в ідентифікації та мінімізації втрат зерна комбайна. Визначено два важливі фактори, які впливають на продуктивність комбайна: пропускна здатність (інтенсивність подачі), яка є функцією швидкості комбайна та врожайності, продуктивність молотарки, яка є функцією від частоти обертання режиму роботи молотильного барабана та його технічних розмірів. Побудована множинна нелінійна регресійна модель, яка оцінює швидкість потоку зерна та продуктивність обмолоту.

Моделюванням та проектуванням комбінованої молотарки на базі тангенціальної МСС та осьового соломосепаратора грубого вороху для рисозбиральних комбайнів, які включають дослідження процесів обмолоту та процесів сепарації зерна займався Кейп-Кост [6]. Результати досліджень отримують структурні змінні всього молотильного блока роздільного теоретичного моделювання та експериментування блока молотильної системи з тангенціальним потоком хлібної маси і блока сепарувальної системи з аксіально-осьовим потоком маси.

У підсумку об'єктивно слід відмітити, що отримані результати досліджень молотарки (навіть одного типу) – розрізнені і перебувають на рівні моделювання

та аналітичного аналізу окремої молотарки. Це свідчить про відсутність достатньої наукової та методичної бази досліджень такої складної системи, як молотарка, на багатофакторному рівні.

Мета роботи – встановити зв'язок і залежність між елементами різних груп факторів – оціночними (якість роботи), технічними параметрами, технологічними режимами і умовами роботи молотарки зернозбирального комбайна. На їхній основі розробити багатофакторну графічну модель молотарки барабанного типу зернозбирального комбайна.

Матеріали і методи. Системний принцип побудови молотарки, комбінований принцип її функціонування, нові інтегративні якості технологічної маси на різних ділянках, залежність оціночних показників роботи від великої групи чинників (факторів) впливу характеризують молотарку зернозбирального комбайна як систему. Застосування аналітичного методу піддає молотарку диференціації на складові частини та послідовному дослідженню кожної із них, а також визначає разом із цим взаємозв'язану поведінку кожного елемента. Метод синтезу досліджує та оцінює молотарку за умови цілісної єдності і взаємоз'язку її технологічних систем.

Результати і обговорення. Особливістю функціонування молотарки є багатомірність – наявність багатьох вхідних і вихідних перемінних. Враховуючи, що кожний вхідний фактор може впливати на декілька вихідних перемінних або навпаки. Однією з можливих і доступних для аналізу є інформаційна модель молотарки з множиною вхідних перемінних факторів і кількома оціночними – вихідними.

Відповідно до аналітичного методу молотарку диференційовано на складові – технологічні системи без фізичного відокремлення їх із її складу: молотильно-сепарувальну (МСС), остаточну сепарацію зерна (СОС) та очищення зерна (СОЗ). За оціночні показники якості функціонування і вираження відповідності їхнім технічним параметрам і технологічним режимам прийнято втрати зерна за молотаркою та її системами – СОС, СОЗ та дроблення зерна в МСС під час обмолоту хлібної маси.

Дослідження функціональних зв'язків між системами молотарки базується на аналізі складу та напрямку руху її технологічних потоків. Вміст зерна (втрат) у технологічних потоках, які виходять із молотарки – у соломі (система остаточної сепарації) і в полові (система очищення зерна) – класифікується відповідно, як втрати за системами СОС і СОЗ. Встановлено, що кожна молотарка, в кожному конкретному технологічному режимі роботи, має певний рівень втрат за СОС (Δq_c , %) і СОЗ (Δq_o , %).

Високопродуктивні молотарки – зі значними технічними параметрами систем СОС та СОЗ, – можуть працювати в значно більшому технологічному режимі подачі і пропускної здатності, за якої спостерігаються загальні втрати Δq в 1,5 %. Однозначно можна стверджувати, що якість сепарації зерна в СОС та виділення його із полови буде обумовлюватись станом технологічної маси – вологістю соломи і зерна. Відповідно до проведеного обґрунтування величину сумарного рівня втрат зерна за молотаркою Δq можна представити так:

$$\Delta q = f(U_i; X_i; Z_i); \quad (1)$$

де Δq – сумарний рівень втрат зерна за молотаркою, %;

U_i – технологічні режими;

X_i – технічні параметри молотарки;

Z_i – умови роботи (характеристики хлібної маси).

Відносно якості роботи системи сепарації зерна (СОС) втрати зерна за нею (Δq_c) можна представити так:

$$\Delta q_c = f(U_{ic}; X_{ic}; Z_{ic}); \quad (2)$$

де Δq_c – втрати зерна за системою сепарації;

U_{ic} – технологічні режими роботи системи СОС;

X_{ic} – технічні параметри системи СОС;

Z_{ic} – умови функціонування системи СОС (характеристики хлібної маси).

Аналогічне обґрунтування та залежності виконані також і для систем МСС і СОЗ.

Слід зауважити, що дослідження і детальний аналіз роботи систем очищення зерна та соломотряса щодо якості роботи (втрат зерна) пов'язані з методикою визначення основного показника призначення – пропускної здатності молотарки. Вона не може бути меншою за пропускну здатність складових технологічних систем молотарки – МСС, СОС (у цьому випадку соломотряса) та системи очищення зерна, які формують сумарний рівень втрати (формула 1). Тобто можна однозначно заявляти про певний зв'язок і залежність формування абсолютної величини показника пропускної здатності кожної з відмічених систем – молотарки, МСС, СОС та СОЗ від величини показників Δq , Δq_c , Δq_o та інших показників призначення молотарки. У цьому випадку такими є технічні параметри та технологічні режими відповідних систем. Вираження такого зв'язку для показника пропускної здатності системи СОЗ можна представити так:

$$q_o = f(\Delta q_o; U_{io}; X_{io}; Z_{io}); \quad (3)$$

де q_o – пропускну здатність системи СОЗ;

Δq_o – втрати молотаркою зерна за системою очищення зерна;

U_{io} – технологічні режими роботи системи СОЗ;

X_{io} – технічні параметри системи СОЗ;

Z_{io} – умови функціонування системи СОЗ (вологість дрібного вороху, полови та зерна в системі).

Зерно пошкоджується переважно в молотильно-сепарувальній системі (МСС). Кількість дробленого зерна визначається зазорами між декою і барабаном, інтенсивністю завантаження молотарки технологічною масою та частотою обертання барабана, яку встановлюють залежно від вологості зерна і соломи, соломистістю технологічної культури, подачею маси на обмолот. Фактичні втрати зерна збільшуються зі збільшенням подачі хлібної маси в молотарку. Однозначно можна стверджувати, що пошкодження зерна залежить від технічних та технологічних параметрів МСС і стану зерна – вологості.

Встановлено, що сепарувальна здатність молотарки та кількість дробленого зерна залежать від умов і режимів її роботи – вологості соломи та швидкості її руху через МСС. Вплив на формування пропускної здатності молотарки, насамперед, обумовлюють особливості будови та режим роботи МСС. Кількість пошкодженого зерна залежить від технологічного режиму молотильно-сепарувальної системи (МСС), величини зазорів у ній і частоти обертання барабана.

Відповідно до зв'язку та залежності показників втрат зерна (Δq , Δq_c і Δq_o), дроблення зерна (D , %) і пропускної здатності (q , q_c та q_o) від факторів (умови роботи, технічні параметри та технологічні режими) розроблено графічну модель молотарки на рівні цих показників і факторів впливу на них (рис. 1).

Графічна модель молотарки встановлює залежність оціночних показників від інших. Це, як правило, оціночні та функційні показники роботи – втрати та дроблення зерна і пропускна здатність. Для побудови такої узагальненої залежності необхідно на схемі виділити своєрідний функційний блок, який базується на досліджуваному показнику та факторах, які мають на нього так званий прямий вплив (позначені символом $\rightarrow$). Наприклад, дослідження одного із показників режиму роботи системи очищення зерна – $U_{i(CO3)}$ необхідно розпочати з побудови його залежності у загальному вигляді. До її складу повинні увійти певні показники із груп факторів $U_{i(COC)}$, $U_{i(MCC)}$, $Z_{i(CO3)}$, які зв'язані з цією групою показників вхідним символом " $\rightarrow$ ":

$$U_{i(CO3)} = f(U_{i(COC)}; U_{i(MCC)}; Z_{i(CO3)}), \quad (4)$$

Обговорення. Застосування графічного моделювання молотарки на рівні технологічних систем обґрунтовано побудує оптимальний план експериментальних досліджень і тим самим збільшить достовірність отриманих результатів [1].

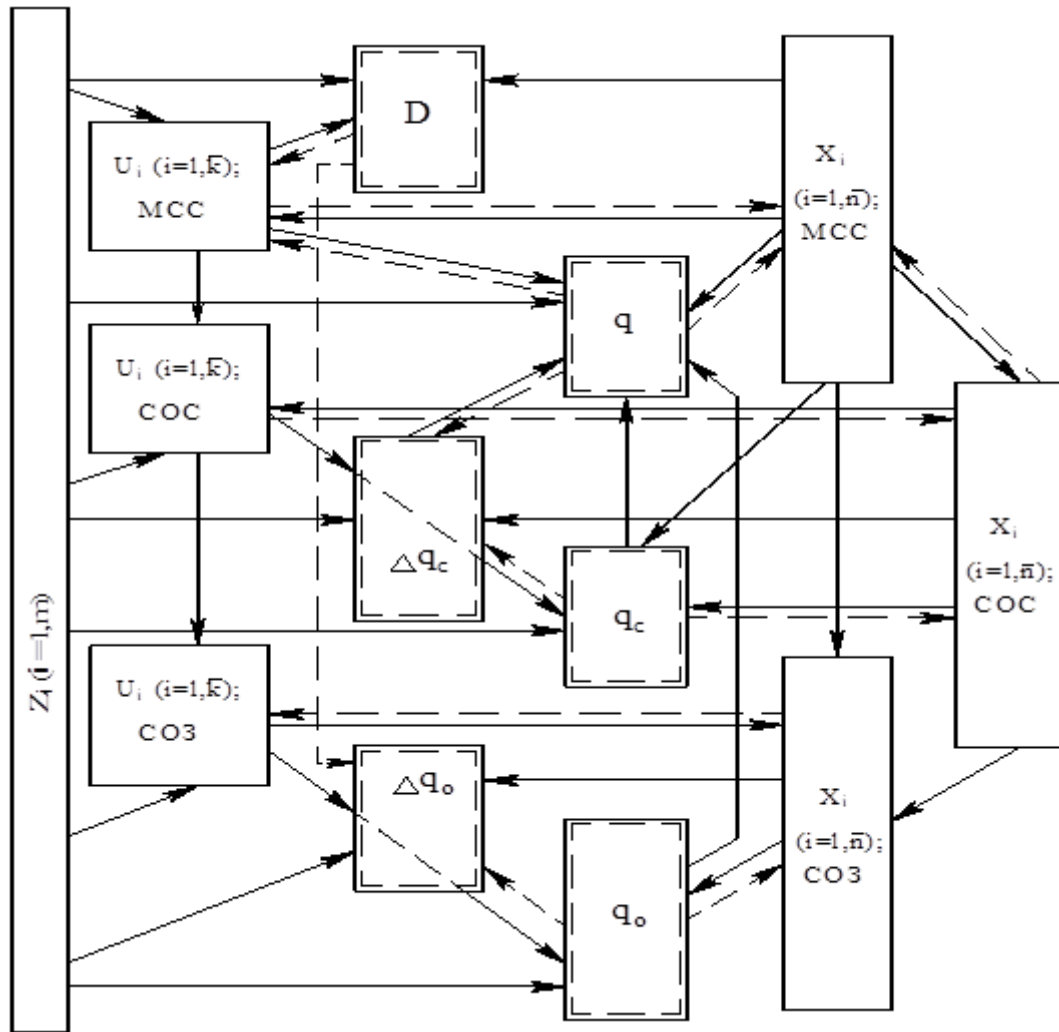


Рисунок 1 – Графічна модель молотарки барабанного типу на рівні показників призначення

де: $X_i (i = 1, n)$ – технічні параметри;

$U_i (i = 1, k)$ – технологічні режими;

$Z_i (i=1, m)$ – умови роботи,

q_c – пропускна здатність системи сепарації (соломотряса),

q_o – пропускна здатність системи очищення зерна.

→ – функційні відношення прямого впливу;

→ - функційні відношення зворотної підпорядкованості.

Графічне моделювання встановлює експлуатаційні показники комбайна. Зокрема питомі витрати палива. Взаємозв'язок технічних характеристик молотарки – площі молотильно-сепарувальних дек МСС, потужності двигуна та продуктивності комбайна до оціночного показника роботи – втрат зерна, дає

змогу обґрунтовано прийняти оптимальний режим роботи за питомими витратами палива. Застосування графічної моделі визначає питомі витрати палива залежно від технічних параметрів та продуктивності комбайна [2].

Дослідження молотарки на рівні графічних залежностей, зокрема залежності рівня втрат зерна з різними рівнями подачі технологічної маси на обмолот, визначає величину подачі, за якої рівень втрат дорівнює 1,5 % і величина якої ототожнюється з пропускнуою здатністю цієї молотарки. Кожна така характеристика визначається множиною факторів, властивих тільки для цієї молотарки, що дає змогу використати її для проведення порівняльної оцінки кількох молотарок [7].

Висновки. Молотарка зернозбирального комбайна являє собою складну систему. Її складовими елементами є технологічні системи нижчого рівня, які характеризуються технічними параметрами, технологічними режимами, умовами, якістю роботи та продуктивністю. Виконано дослідження зв'язку та залежності між елементами різних груп факторів системи молотарка зернозбирального комбайна – оціночними (якість роботи), технічними параметрами, технологічними режимами і умовами роботи). На їхній основі розроблена графічна модель молотарки.

Література

1. Ловейкін В. С., Човнюк Ю. В., Недовесов В. І., Ляшко А. П. (2016) Обґрунтування параметрів молотильно сепаруючого пристрою тангенціального типу зернозбирального комбайна. Монографія. Київ. – 38 с.
2. Занько М. (2008). Исследование удельных затрат топлива зерноуборочного комбайна // Механізація сільськогосподарського виробництва. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. Харків. Випуск 75: Т.2. – С. 175-182.
3. Осипов Н., Занько Н. (1997). Оптимизация режимов работы МСУ зерноуборочного комбайна // М.:Тракторы и сельскохозяйственные машины. № 4. – С. 24-25.

4. Petre I. Miu. (2000). Modeling and simulation of grain threshing and separation in threshing units. University of Tennessee. *[https://doi.org/10.1016/0021-8634\(82\)90098-1](https://doi.org/10.1016/0021-8634(82)90098-1)
5. Navid H., Behrouzilar M., Mohtasebi S.S., Sohrabi Mahmoud (2000). Mathematical Modeling Of Rear Loss Based On Feed Rate And Thresher Drum Speed In John Deere 1165 Combine. <https://www.sid.ir/en/Journal/ViewPaper.aspx?ID=83624>
6. Zhong Tang, Yaoming Li, Lizhang Xu, Francis Kumi. Modeling and design of a combined transverse and axial flow threshing unit for rice harvesters. Jiangsu University. Jiangsu Province.China., University of Cape Coast. <https://acsess.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2134/agronj1925.00021962001700080010x>
7. Жалнин Э. В. (1986). Перспективные принципы совершенствования зерноуборочных комбайнов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. № 9. – 15с.

ПІДХОДИ ДО ПРОГНОЗУВАННЯ НАСЛІДКІВ ВЗАЄМОДІЇ МОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ З РОБОЧИМ СЕРЕДОВИЩЕМ

Сало Я., yaroslavsalol3@gmail.com,

Львівська філія УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого,

Мачуга О., д.-р. техн. наук, проф., oleg_mach@ukr.net,

Луста Ю., yu.lusta@nltu.lviv.ua,

Шалапай В., vadim-shalapajj18@gmail.com,

Бляшинець Ю., yurii.bliashynets@gmail.com

ДВНЗ «Національний лісотехнічний університет України»

Вступ. Експлуатація мобільної сільськогосподарської та лісозаготівельної техніки відбувається під час її руху необробленою ґрунтовою поверхнею, а також в умовах взаємодії робочих органів із різними робочими середовищами: ґрунтом, стовбурною деревиною, робочими рідинами тощо. Успішна експлуатація такої техніки потребує вчасного технічного обслуговування, прогнозування якого ґрунтується на аналізі чинників спрацювання елементів робочих органів і пошкоджуваності робочих середовищ [1]. Тому проблематика, охоплена в цьому дослідженні, є актуальним і важливим для галузевого машинобудування завданням.

Мета роботи – розширення підходів до прогнозування наслідків взаємодії мобільної сільськогосподарської та лісозаготівельної техніки з робочим середовищем для підвищення її експлуатаційної ефективності та екологічної сумісності.

Матеріали і методи.

1. *Стійкість машини під час роботи на ухилі.* Стохастична податливість ґрунтової поверхні руху може спричинити втрату поперечної стійкості машини. Такі ризики посилюються внаслідок динамічної, нерідко імпульсної, взаємодії асиметрично розташованим робочим органом з предметом обробітку під час виконання технологічних операцій на негоризонтальних ґрунтових поверхнях із стохастичними мікронерівностями профілю (рис. 1).

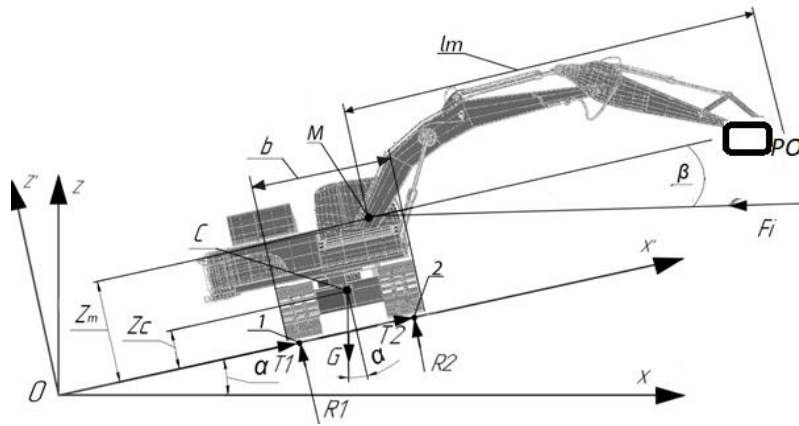


Рисунок 1 – Схема машини на ухилі

На рисунку 1 використано позначення: xOz – координати, пов'язані з горизонтальною поверхнею та перпендикуляром; $x'Oz'$ – координати, утворені поворотом системи xOz на кут α проти годинникової стрілки, α – кут ухилу поверхні; C – центр мас; z_C – відстань між центром мас та поверхнею руху; $G = mg$ – вага машини, m – маса машини, 1 – точка контакту нижнього рушія з поверхнею руху, b – ширина машини; γ – кут між напрямком дії сили ваги G та перпендикуляром до поверхні руху, R_1 , R_2 – перпендикулярні реакції опорної поверхні; T_1 , T_2 – відповідні дотичні реакції; β – кут між поверхнею руху та напрямком сили дії імпульса F_i ; M – умовна точка прикладання імпульса (momentum); l_m – довжина асиметрично розташованого робочого органу; z_m – відстань від поверхні руху до точки M ; PO – робочий орган.

Для забезпечення стійкості машини під час виконання технологічних операцій необхідно забезпечити дві умови: стійкість до перекидання та до бокового сковзання.

Для граничного значення ухилу α^* , за якого $R_2 = 0$ (машина перекидається) з умов граничної рівноваги отримано таке рівняння:

$$\cos \alpha^* - \sin \alpha^* \frac{2z_C}{b} = \frac{2F_i}{G} \left(\sin \beta + \frac{z_M}{b} \cos \beta \right) \quad (1)$$

Стійкість до бокового сковзання визначається кутом α^{**} , за якого дотичні напруження під рушієм перевищують утримувальну здатність ґрунту τ_s [2,3]:

$$\cos \alpha^{**} \cdot \tan \varphi - \sin \alpha^{**} = \frac{1}{G} (F_i \cdot \sin \beta \cdot \tan \varphi - c \cdot S_K) \quad (2)$$

Безпечні експлуатаційні умови машини для заданих зовнішніх нестационарних навантажень визначаються меншим значенням α^* , α^{**} .

2. *Зношення ущільнювачів гідропривода.* Застосування гідропривода в сільськогосподарських та лісових машинах – робочі органи, гідростатична трансмісія тощо потребує якісного проектування та технічного обслуговування складників привода, зокрема – прогнозування періодичності заміни ущільнень.

Розглядається механічна система «гідравлічний циліндр-ущільнений поршень-стиснена гідравлічна рідина» (рис. 2). У напірний патрубок подається рідина з подачею Q , яка спричиняє рух поршня вправо. Окрім того, внаслідок існування нещільності між гумовим чи полімерним ущільнювачем (на рисунку не вказано) та корпусом гідроциліндра, рідина під дією тиску p може перетікати з робочої порожнини WC в штокову порожнину RC .

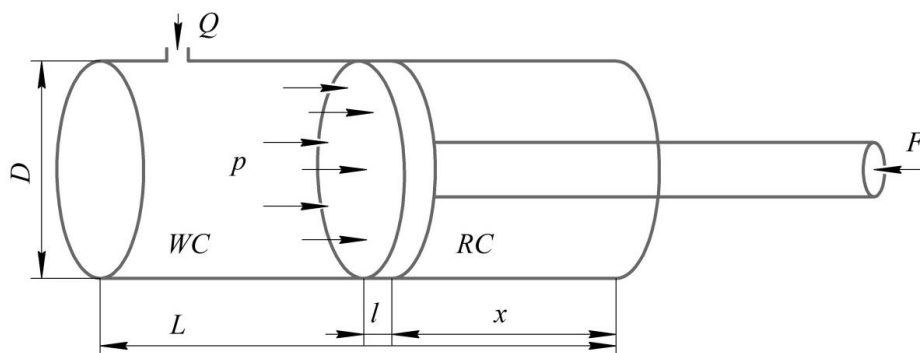


Рисунок 2 – Схема навантаження гідроциліндра

Для отримання розв’язку такої задачі застосовано енергетичний підхід [2]. Отримано вираз переміщення поршня від часу експлуатаційних параметрів:

$$\Delta x = \frac{H}{\pi D^3 l} \frac{F - F(1 - k_R) - \frac{2F^2(1 - k_R)^2}{\pi D^2 E} - \frac{6}{d_0} k K e_0 \frac{F_N}{\sigma} - k_{FR} \pi D l p}{\frac{\rho}{16 \Delta t} + \frac{3}{2} \frac{\mu}{H^2}} \Delta t. \quad (3)$$

3. *Обґрунтування типу і параметрів лісотransпортної машини.* Взаємодія лісотransпортної машини з предметом обробітку – стовбурною деревиною, ґрунтовою поверхнею руху, типом заготовленої деревини та видом

рубань. Тому для мінімізації екологічних збитків лісозаготівлі та транспортування деревини потрібно вдосконалення стратегії заготівлі деревини залежно від перерахованих вище чинників і можливості конкретного господарства та дотримання такої стратегії. У цій роботі узагальнено науково обґрунтований метод підбору лісової та лісотransпортної машини для вибіркового рубань деревини для формування лісових масивів та їх санітарних вирубок. Таке завдання є актуальним для України, оскільки значний відсоток лісів складають ушкоджені природними явищами дерева та хворі дерева. Зокрема такий метод передбачає виконання низки досліджень: типізація особливостей рубок формування і оздоровлення лісів; дослідження й аналіз умов лісозаготівлі конкретного господарства; аналіз характеристик і параметрів машин для первинного транспортування деревини; обґрунтування типу і параметрів лісотransпортної машини.

Результати та обговорення. Завдяки сформованим методам у роботі отримано важливі для практики результати.

Зокрема встановлено безпечні кути ухилу території, на якій відбувається експлуатація мобільних машин із асиметрично розташованим робочим органом та які перебувають під динамічним навантаженням. На рисунку 3 подано розрахунок кутів α^* та α^{**} для спеціалізованої машини на ухилі. Із аналізу даних очевидний висновок для такої машини: більша небезпека втрати стійкості виникає через можливість бокового сковзування машини на податливих ґрунтах, що необхідно враховувати для окреслення безпечних експлуатаційних режимів. Такий метод можна використовувати для довільного типу машин.

Визначено інтенсивність зношування ущільнень гідроциліндрів для різних типів олів (рис. 4). Встановлено період допустимої експлуатації (зменшення коефіцієнта корисної дії гідропривода на 1 %) для різних типів олів (рис. 5). Ці результати важливі для встановлення періодичності заміни ущільнень.

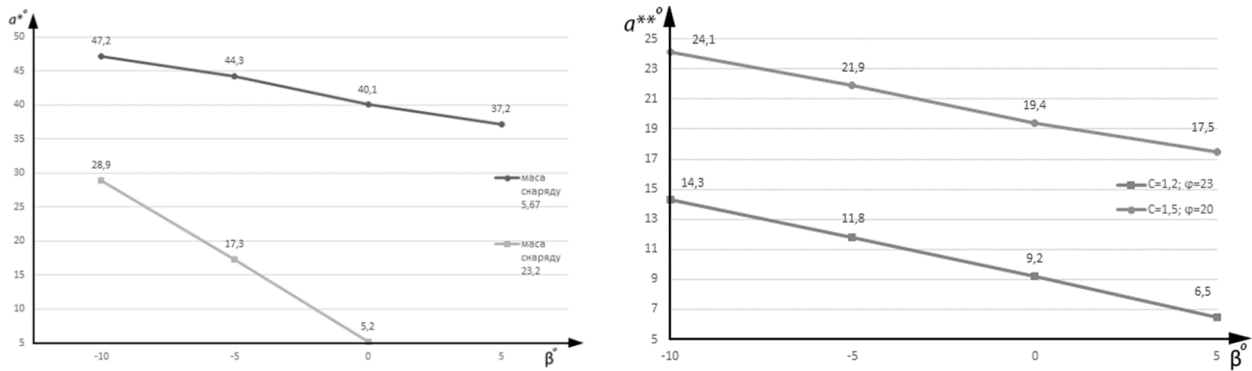


Рисунок 3 – Граничні кути стійкості α^* , α^{}**

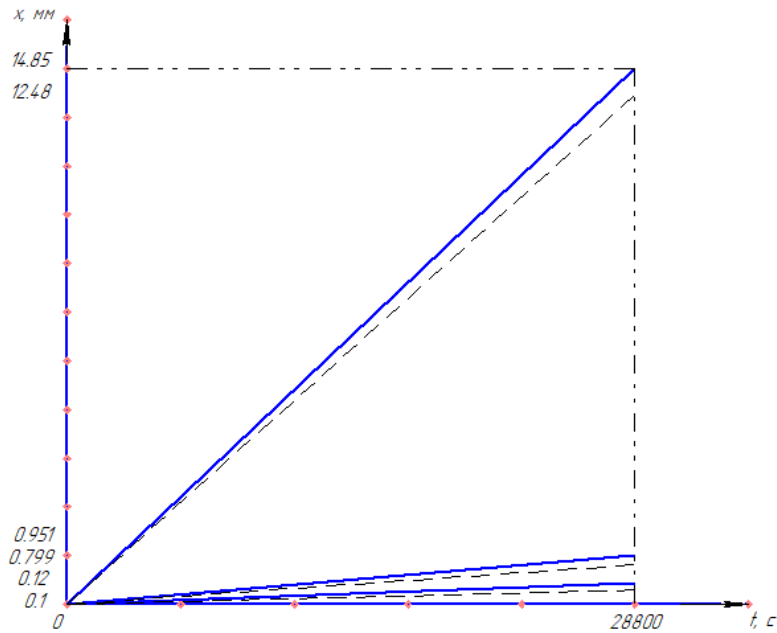


Рисунок 4 – Збільшення розміру нещільності в часі

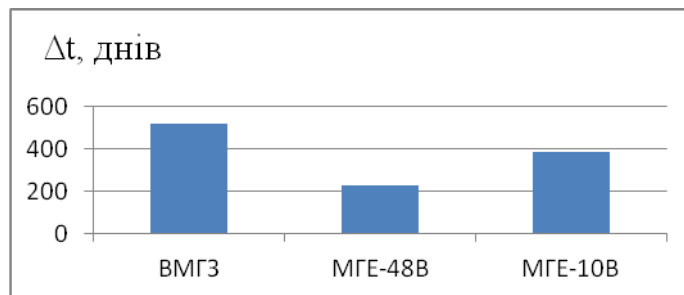


Рисунок 5 – Діаграма працездатності ущільнень

Трелювальні засоби переміщуються значною за площею територією і працюють на одній лісосіці протягом короткого періоду, тому недоцільні капітальні витрати на влаштування дороги. Трелювальні машини працюють на дуже невисоких швидкостях (1-1,5 м/с), розвивають значні тягові зусилля на невеликій відстані: зазвичай до 300-500-700 м.

У роботі проаналізовано критерії і параметри, які впливають на вибір лісотransпортної машини, та проведено розрахунки, які допомагають підібрати найбільш раціональний варіант з урахуванням змінної продуктивності, а також оцінити ефективність капіталовкладень. Для проведення рубок формування і оздоровлення лісів в умовах ДП “Жовківське ЛГ” [5] обґрунтовано раціональний тип і параметри машини для первинного транспортування таких рубань:

- тягач: колісний трактор BELARUS-1221.4 класу тяги 20 кН;
- причіп Palms 13D із вантажопідйомністю 10 т;
- гідроманіпулятор Palms 7.72.

Висновки. У роботі розширено підходи до прогнозування наслідків взаємодії мобільної сільськогосподарської та лісозаготівельної техніки з робочим середовищем для підвищення її експлуатаційної ефективності та екологічної сумісності.

Запропоновано розрахункові схеми та встановлені формули для визначення безпечних умов експлуатації – стійкості на ухилі спеціалізованої машини, яка виконує технологічні завдання за нестационарного (імпульсного) навантаження. Розглянуто дві можливості втрати стійкості – перекидання та бокове сковзання. Перша можливість характеризується лише силовими параметрами машини й технологічного навантаження. Друга можливість характеризується значною залежністю від ґрунтових умов. Встановлено, що ризик бокового сковзання більший за ризик перекидання.

Виконано розрахунок та період заміни ущільнень гідроманіпуляторів. Результати подано графіками та діаграмами. Найпридатнішою з огляду стійкості до стирання ущільнення є олива ВМГЗ, яка забезпечує працездатність ущільнень у 520 робочих змін.

Продемонстровано процес виконання розрахунків, які допомагають підібрати найбільш раціональний варіант з урахуванням змінної продуктивності, а також оцінити ефективність капіталовкладень. Для проведення рубок формування і оздоровлення лісів обґрунтовано раціональний тип і параметри машини для первинного транспортування таких рубань в умовах ДП “Жовківське ЛГ”.

Література

1. Мачуга О. С. Розвиток наукових засад енергетичного підходу в розв'язуванні проблем взаємодії машин із робочим середовищем : автореф. дис. докт. техн. наук : 05.05.04. Львів, 2019. – 48 с.
2. Owende P. M. O., Lyons J., Haarlaa R., Peltola A., Spinells R., Molano J., Ward S. M. “Operations protocol for Eco-efficient Wood Harvesting on Sensitive Sites”. Project ECOWOOD. Contract No. QLK5-1999-00991, 2002. 74 p.
3. Terzaghi Lectures 1974 – 1982. Geotechnical Special Publication No.1 : NY : ASCE, 1982. 424 p.
4. Byblyuk N., Borys M., Mačuga O., Shevchenko N. Vedecko-metodické, teoretické a aplikované aspekty projektovania energie-ekonomické a environmentálne-bezpečné lesnícke stroje. *Mobilné energetické prostriedky – Hydraulika – Životné prostredie – Ergonómia mobilných strojov: Vedecky recenzovaný zborník*. Zvolen : TUZVO, 2019. S. 33 – 42.
5. Офіційний сайт ДП «Жовківське ЛГ». URL: <http://zhovkvalg.at.ua>.

ФОРМУВАННЯ МЕТОДОЛОГІЇ СИСТЕМНОГО ОЦІНЮВАННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ЯКОСТЕЙ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ТРАКТОРІВ

Лебедєв С., канд. техн. наук, hfukrndipvt@gmail.com,

Лебедєв А., д-р техн. наук, проф., tiaxntusg@gmail.com,

Коробко А., канд. техн. наук, доц., ak82andrey@gmail.com,

Харківська філія УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого,

Шевченко І., канд. техн. наук, доц., igorshvchnk@gmail.com,

Державний біотехнологічний університет

Вступ Системний підхід – це напрямок методології наукового пізнання, в основі якого лежить дослідження об'єктів як систем та умов їхнього функціонування. Підвищення продуктивності праці в аграрному секторі пов'язане з необхідністю наукового обґрунтування оцінки експлуатаційних якостей сільськогосподарських тракторів. Одним із способів вирішення цього завдання є системний аналіз експлуатаційних властивостей тракторів [1] під час виконання різних технологічних операцій. Запропоновано [2] системний підхід для оцінювання загальнотехнічних властивостей трактора віброакустичними методами, якими оцінюється його надійність. Ці методи ефективні для забезпечення і підвищення безвідмовності, рівня використання та готовності тракторів до польових робіт.

Проте віброакустичні методи не знайшли поширення в ході оцінювання експлуатаційних якостей трактора під час виконання технологічної операції. Кодекс 2 ОЕСР (Організація економічного співробітництва та розвитку) [3] нормує методологію випробувань сільськогосподарських тракторів щодо оцінювання їхніх експлуатаційних якостей, до яких віднесені показники потужності, паливна економічність двигуна і трактора, керованість трактора, гальмівні властивості і прохідність.

Багато країн, які не є членами ОЕСР і до яких відноситься Україна, частково або повністю використовують Кодекси для випробувань, проведення тендерів або регулювання питання імпорту тракторів. У цьому напрямку виконано ряд наукових робіт в Харківській філії УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого [4, 5], які покладені в основу дослідження технологічної адаптації тракторів.

Мета роботи – формування методології системного оцінювання експлуатаційних якостей сільськогосподарських тракторів.

Методи і матеріали. Методологічною основою роботи з оцінювання експлуатаційних якостей сільськогосподарських тракторів є Кодекс 2 ОЕСР [3], який нормує методики їхніх випробувань. Визначення тягових показників тракторів виконується методом, регламентованим СОУ УкрНДПВТ ім. Л.Погорілого 71.2-37-046043090-017:2015 із застосуванням вимірювально-реєстраційного комплексу. Указаний метод і вимірювально-реєстраційний комплекс розроблені за участі авторів цієї статі [6, 7]. Під час оцінювання функційної точності трактора аналізуються згідно з ДСТУ 7463:2013 показники, які визначають тяговий клас трактора, енергетичні можливості та агрегування. Для формування наукової проблеми, визначення мети і постановки задач дослідження використовується аналітичний метод та порівняльний аналіз із результатами експериментальних досліджень.

Результати та обговорення. Системний підхід щодо оцінювання експлуатаційних властивостей тракторів направлений на підвищення їхніх споживчих властивостей, які характеризуються сукупністю техніко-економічних, агротехнічних, загальнотехнічних властивостей, а також властивостей, які спрямовані на забезпечення охорони праці, безпеки і захисту навколишнього середовища. Споживчі властивості трактора взаємопов'язані з його якістю.

Аналіз експлуатаційних якостей і властивостей трактора показує, що його техніко-економічні показники базуються, в основному, на швидкісному режимі роботи, прискоренні під час розгону і вибігу (вимкнена муфта зчеплення, нейтральна передача трансмісії).

Авторами цих тез доведено [7], що під час виконання агрегатом певної технологічної операції, ефективну потужність двигуна можна оцінити за залежністю

$$N_e(V) = P_T V_{ag} = (m_T + m_{cm})V[\dot{V}_{ag}(V) - \dot{V}_{agb}(V)]. \quad (1)$$

де P_T – тягове зусилля на тягових колесах;

V_{ag} – швидкість агрегата;

$\dot{V}_{ag}(V)$, $\dot{V}_{agb}(V)$ – прискорення агрегата під час розгону і вибігу;

m_T , m_{cm} – маса трактора і сільгоспмашини.

Потужність на гаку трактора визначається за залежністю

$$N_{гk}(V) = P_{гk} V_{ag} = m_{ag} V_{ag} \left[\dot{V}_{tf}(V) - \left(1 + \frac{m_{cm}}{m_{ag}} \right) \dot{V}_{agb}(V) \right]. \quad (2)$$

де $P_{гk}$ – тягове зусилля на гаку;

$\dot{V}_{tf}(V)$ – прискорення трактора за дії лише опору коченню на колесах;

m_{ag} – маса агрегата, приведена до поступально-рухомих частин.

За співвідношенням $N_{гk}(V)$ та $N_e(V)$ оцінюється тяговий ККД трактора

$$\eta_T(V) = \frac{N_{гk}(V)}{N_e(V)} = \frac{\frac{\dot{V}_T^f(V)}{1 + \frac{m_{cm}}{m_T}} - \dot{V}_T^b(V)}{\dot{V}_T(V) - \dot{V}_T^b(V)}. \quad (3)$$

Прискорення $\dot{V}_T(V)$, $\dot{V}_T^b(V)$, $\dot{V}_T^f(V)$ визначаються вимірювально-реєстраційним комплексом на основі лінійних акселерометрів [7].

Сутність способів:

– маса сільгоспмашин під час агрегування з трактором визначається за прискоренням вибігу (вимкнена муфта зчеплення, нейтральна передача) на певному ґрунтовому фоні, наприклад, на ґрунтовій дорозі, до повної зупинки трактора із сільгоспмашиною та без неї за однакової швидкості початку вибігу;

– сила опору сільгоспмашини в агрегуванні з трактором визначається з урахуванням маси трактора і сільгоспмашини за різницею поздовжніх прискорень розгону на певному ґрунтовому фоні трактора із сільгоспмашиною в транспортному і робочому положеннях.

Виконання тракторним агрегатом (ТА) технологічної операції пов'язане з витратами енергії безпосередньо на виконання технологічної операції та на динамічні процеси, які виникають у системі «трактор-сільськогосподарське знаряддя». Це підтверджено під час випробувань ґрунтообробного агрегата у складі трактора New Holland T8.390 і дискового лушпильника ДЛМ-8,0 під час лушення стерні озимої пшениці, яка виконувались у Харківській філії УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого

Лушпильник ДЛМ-8,0 має ширину захвату 8,25 м, що забезпечує якісне лушення на глибину оброблення 3-14 см за швидкості руху 12-20 км/год.

Тягово-енергетичні показники агрегата New Holland T8.390 + ДЛМ-8,0 визначили під час лушення стерні озимої пшениці:

- потужність двигуна, яку можна реалізувати під час виконання технологічної операції $N_n^0 = 140,69-93,84$ кВт;

- тягова потужність трактора, зумовлена його зчіпними властивостями $N_{кр}^0 = 194,25-299,7$ кВт;

- швидкість агрегата, за якої можна досягти максимальної тягової потужності $V_{N_{кр}^{max}} = 6,27$ км/год.;

- максимальна можлива тягова потужність, яку реалізує трактор $N_{кр}^{max} = 169,71$ кВт;

- тяговий ККД трактора під час роботи $\eta_t^{max} = 0,59$;

- питома потужність, необхідна для роботи лушпильника $N_{y\partial} = 12,63$ кВт;

- оптимальний тяговий опір лушпильника $R_{ар} = 58,85$ кН;

- раціональна швидкість роботи агрегата $V_{рац} = 10,32$ км/год.;

- необхідна потужність для роботи агрегата зі швидкістю $V_{рац}$ – $N_{арп} = 168,7$ кВт;

- коефіцієнт використання максимальної тягової потужності трактора $\eta_{тп} = 0,98$.

Обговорення. Результати досліджень спрямовані на розвиток методології системного підходу оцінювання експлуатаційних властивостей сільськогосподарських

тракторів у напрямку підвищення їхніх техніко-економічних і агротехнічних властивостей. Запропоновані нові залежності, які базуються на методі парціальних прискорень, оцінювання тягового-енергетичних показників трактора, його керованості та стійкості руху, гальмівних властивостей. Обґрунтована методика оцінювання динамічних властивостей трактора у складі ґрунтообробного агрегата за несталого режиму його руху на гоні. Запропоновані методи є ефективними у випробуваннях машин перемінної маси, вимірювальний комплекс може застосовуватись під час дослідження вібраційних процесів сільськогосподарських машин та дослідження їхньої стійкості.

Пропонується оцінювати контрольований функціональний параметр x трактора за залежністю

$$x = x(S, S_{ik}, ..., S_{nk}, x_{ik}, ..., x_{nk}, \Delta q_i, ..., \Delta q_n), \quad (4)$$

де $S, S_{ik}, ..., S_{nk}$ – функціональний параметр трактора (тягове зусилля, швидкість руху) та його елементів (двигун, трансмісія, тощо);

$x_{ik}, ..., x_{nk}$ – відхилення реальних параметрів трактора від номінальних;

$\Delta q_i, ..., \Delta q_n$ – відхилення реальних параметрів елементів трактора від номінальних.

Беручи за функційну точність трактора, наприклад, під час оцінювання його експлуатаційних якостей, здатність виконувати задані функції з певним ступенем близькості до ідеальної моделі, функційна похибка трактора за x , x_n поточних і номінальних значеннях функційних параметрів оцінюється за залежністю $\Delta x = x - x_n$. Трактор під час контролю буде справним, якщо кожен з його функційних параметрів, які характеризують експлуатаційні якості, перебувають у зоні працездатності (a, b) $a < x < b$.

Кодекс 2 ОЕСР [3] нормує методологію випробувань сільськогосподарських тракторів щодо оцінювання їхніх експлуатаційних якостей за номінального технічного стану. Результатами досліджень, які наведені у цій статті, доведено, що відхилення реальних функційних параметрів від номінальних істотно впливають на експлуатаційні якості трактора. У цьому напрямку необхідне виконання наукових досліджень.

Висновки. За результатами проведених досліджень виконана класифікація експлуатаційних якостей сільськогосподарських тракторів за їхніми тяговими та

агротехнічними властивостями. Результати досліджень дали змогу сформулювати основні теоретичні та науково-практичні висновки.

Сформульована методологія системного підходу до оцінювання експлуатаційних якостей сільськогосподарського трактора, на основі обґрунтованого методу парціальних прискорень, яка базується на розв'язанні зворотної задачі динаміки: за відомого прискорення оцінюються сили, які діють.

На основі методу парціальних прискорень обґрунтовані залежності ефективної потужності двигуна, ККД трактора, маси та опору агрегатованої з трактором сільгоспмашини, гальмівні властивості трактора, його керованість та стійкість руху на гоні під час виконання технологічної операції.

Література

1. Селиванов Н. И. (2008) Эффективное использование энергонасыщенных тракторов. Краснояр. гос. аграр. ун-т. – 229 с.
2. Мигаль В. Д. (2001) Системный подход к оценке качества тракторов. Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства. 7.–С. 73–86.
3. Кодекс стандартів Організацій економічного співробітництва і розвитку (ОЭСР) (2016) «Испытания эксплуатационных качеств сельскохозяйственных тракторов» (официальный перевод) : информационное издание. М. : ФГБНУ «Росинформагротех», 2016. – 104 с.
4. Лебедев С., Коробко А., Козлов Ю. (2017) Розроблення експрес-методів і технічних засобів оцінювання якості тракторів і вузлів сільськогосподарської техніки. Техніка і технології АПК. 8. – С. 33–39.
5. Лебедев А., Лебедев С. (2021) Технологічна адаптація тракторів загального призначення. Техніка і технології АПК. 4 (121). – С. 17–21.
6. Артемов Н. П. (2012). Метод парциальных ускорений и его приложения в динамике мобильных машин / Артемов Н. П., Лебедев А. Т., Подригало М. А. и др. Под ред. Подригало М. А. Харьков : Міськдрук. – 219 с.
7. Лебедев А. Т., Лебедев С. А., Коробко А. І. (2018). Кваліметрія та метрологічне забезпечення випробувань тракторів. Під ред. А. Т. Лебедева. Харків : Вид-во «Міськдрук». – 394 с.

АНАЛІЗ РОБОТИ МЕХАНІЧНОЇ СИСТЕМИ ПІД ЧАС УВЕДЕННЯ ДО НЕЇ ЕЛЕКТРОДИНАМІЧНОЇ ТА ПРУЖНОЇ СКЛАДОВИХ

Коробко А., канд. техн. наук, доц., ak82andrey@gmail.com,

Харківська філія УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого,

Калінін Є., д-р техн. наук, проф., kalininhtusg@gmail.com,

Національний університет біоресурсів і природокористування України,

Шевченко І., канд. техн. наук, доц., igorshvchnk@gmail.com,

Державний біотехнологічний університет

Вступ. Характерною ознакою сучасного виробництва є інтенсифікація виробничих процесів унаслідок збільшення швидкості чи навантажень або того та іншого разом. Це пред'являє до приводів додаткові вимоги, які виражаються у можливості дистанційного керування та плавного регулювання швидкості приводу і пуску системи двигуном, пусковий момент якого менший за момент опору на валу.

З іншого боку зберігаються звичайні вимоги. Їхня реалізація захищає систему від руйнування під час перевантажень, зменшує амплітуду коливань кутової швидкості і моменту двигуна під час періодичних коливань навантаження і т. д. Одним із способів задовольнити сформульовані вимоги є введення в лінію привода пристрою, який не руйнується і може одночасно виконувати функції запобіжного механізму. До цих пристроїв відносяться гідродинамічні муфти та трансформатори, порошкові електромагнітні муфти, електродинамічні муфти ковзання та інші.

Для забезпечення належного рівня динамічних напружень необхідно під час проектування машини розв'язувати задачу коливань моторно-трансмісійної системи. Розв'язок такої задачі починається з визначення власних частот та форм коливань, які визначають резонансні режими. Останні повинні бути виведені за межі робочого діапазону швидкостей, що досягається відповідним вибором масових характеристик системи та її жорсткості. Роботи [1, 2] та інші, спрямовані на вирішення поставлених задач, розглядають власні частоти та форми коливань

системи з механічними та пружними зв'язками. Наприклад, у роботах з вивчення функціонування трансмісії колісних енергетичних засобів, здебільшого увага спрямована на вивчення перемикання передач з погляду зміни моменту, який передається в трансмісію [3, 4, 5] та впливу зміни передатного числа на динамічні характеристики мобільного енергетичного засобу.

Мета роботи – аналіз роботи механічної системи під час введення до неї електродинамічної та пружної складових для забезпечення виходу режимів функціонування останньої за межі резонансних режимів.

Методи і матеріали. Методологічною основою дослідження є узагальнення та аналіз відомих наукових результатів відносно динаміки систем у режимах резонансів та використання системного підходу. Для формування наукової проблеми, визначення мети і постановки задач дослідження використовувався аналітичний метод та порівняльний аналіз. Під час створення емпіричних моделей використані основні положення динаміки систем.

Результати та обговорення. Враховуючи те, що динамічні якості системи залежать від наявності або браку пружного зв'язку лінії передач, дослідженню була піддана комбінована система, яка показана схематично на рисунку 1 та містить: 1 – ротор двигуна з моментом інерції J_1 , до складу якого входять момент інерції тягової частини 2 (якоря) електродинамічної муфти ковзання; 3 – ведена частина (індуктор) електродинамічної муфти з моментом інерції J_2 , до складу якого входить момент інерції тягової напівмуфти пружного зв'язку; 4 – пружний зв'язок; 5 – робоча машина з приведеним моментом інерції J_3 .

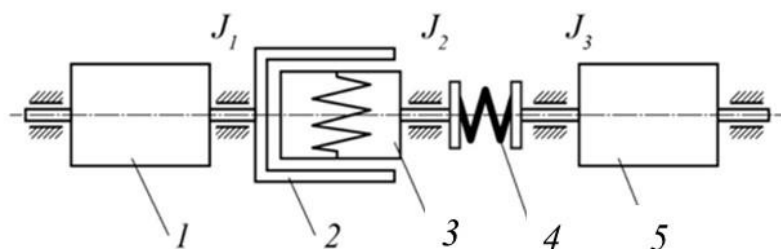


Рисунок 1 – Комбінована схема привода

Система з електродинамічною та пружним зв'язками (рис. 1) за підстановки (3) і (2) в (1) описуватиметься системою нелінійних диференціальних рівнянь:

$$\begin{aligned}
J_1 \ddot{\alpha}_1 &= \frac{2M_{1k}}{\frac{s_1}{s_{1k}} + \frac{s_{1k}}{s_1}} - \frac{2M_{2k}(1+q_2)}{\left(\frac{s_2}{s_{2k}}\right)^{3/4} + \left(\frac{s_{2k}}{s_2}\right)^{3/4} + 2q_2}; \\
J_2 \ddot{\alpha}_2 &= \frac{2M_{2k}(1+q_2)}{\left(\frac{s_2}{s_{2k}}\right)^{3/4} + \left(\frac{s_{2k}}{s_2}\right)^{3/4} + 2q_2} - C(\alpha_2 - \alpha_3); \\
J_3 \ddot{\alpha}_3 &= C(\alpha_2 - \alpha_3) - M_3,
\end{aligned} \tag{1}$$

де $\ddot{\alpha}_1 = \dot{\omega}_1$, $\ddot{\alpha}_2 = \dot{\omega}_2$, $\ddot{\alpha}_3 = \dot{\omega}_3$, $\dot{\alpha}_1 = \omega_1$, $\dot{\alpha}_2 = \omega_2$, $\dot{\alpha}_3 = \omega_3$ – кутові прискорення і кутові швидкості ротора двигуна, індуктора асинхронної муфти ковзання та вала робочої машини;

$C(\alpha_2 - \alpha_3)$ – момент, який передається лінійним пружним зв'язком із коефіцієнтом жорсткості C ;

$M_3 = M_{30} + B_4 \sin \Omega t$ – момент опору на валу робочої машини;

M_1 – момент, який розвивається двигуном;

s_{1k} – критичне ковзання;

$s_1 = \frac{\omega_0 - \alpha_1}{\omega_0}$ – ковзання;

ω_0 – синхронна кутова швидкість;

$\dot{\alpha}_1 = \omega_1$ – кутова швидкість обертання ротора двигуна;

$s_2 = \frac{\dot{\alpha}_1 + \dot{\alpha}_2}{\dot{\alpha}_1}$ – ковзання електродинамічного зв'язку;

$q_2 \approx 0,5$ – постійний параметр;

$M_{2k} = K_1 I^2$ – критичний момент;

$s_{2k} \approx K_2 I^2$ – критичне ковзання;

I – струм збудження.

Враховуючи те, що точний аналітичний розв'язок системи (1) нелінійних диференціальних рівнянь одержати неможливо, проведено її вирішення на електронній моделі за гармонійного збудження. Для цього систему зручно записати так:

$$\begin{aligned}\dot{\omega}_1 &= A_1 \left[B_1 f\left(\frac{s_1}{s_{1k}}\right) - \varphi\left(\frac{s_2}{s_{2k}}\right) \right]; \\ \dot{\omega}_2 &= A_2 \left[\varphi\left(\frac{s_2}{s_{2k}}\right) - B_2(\alpha_2 - \alpha_3) \right]; \\ \dot{\omega}_3 &= A_3 [B_2(\alpha_2 - \alpha_3) - B_3\Psi];\end{aligned}\quad (2)$$

де

$$A_i = \frac{M_{ik}}{J_i}, \quad i = \overline{1,3}; \quad B_1 = \frac{M_{1k}}{M_{2k}}; \quad B_2 = \frac{C}{M_{2k}}; \quad B_3 = \frac{M_{30}}{M_{2k}}; \quad \Psi = 1 + \frac{B_4}{M_{30}} \sin \Omega t, \quad (3)$$

Ω – частота збудження; $f\left(\frac{s_1}{s_{1k}}\right), \varphi\left(\frac{s_2}{s_{2k}}\right)$ – відносні механічні характеристики

двигуна та електродинамічного зв'язку.

За результатами досліджень на електронній моделі системою комп'ютерного моделювання MatLab важко встановити вплив співвідношень різних параметрів за їхніх можливих варіацій у великому діапазоні на поведінку самої системи, оскільки питання, яке так порушене, буде вимагати значної кількості машинного часу.

Нелінійні відносні механічні характеристики двигуна та електродинамічного зв'язку розкладаються в степеневий ряд Тейлора за степенями $\left(\frac{s_1 - s_{10}}{s_{1k}}\right)$ та $\left(\frac{s_2 - s_{20}}{s_{2k}}\right)$:

Якщо прийняти коливання змінних системи відносно певних постійних значень, можна ввести такі позначення:

$$\omega_1 = \omega_{10} + \Delta\omega_1; \quad \dot{\omega}_1 = \Delta\dot{\omega}_1; \quad \omega_2 = \omega_{20} + \Delta\omega_2; \quad \dot{\omega}_2 = \Delta\dot{\omega}_2; \quad \omega_3 = \omega_{30} + \Delta\omega_3; \quad \dot{\omega}_3 = \Delta\dot{\omega}_3. \quad (4)$$

Якщо позначити $(\alpha_2 - \alpha_3) = z$, то $\dot{z} = \dot{\alpha}_2 - \dot{\alpha}_3 = \omega_2 - \omega_3, z = z_0 + \Delta z, \ddot{z} = \dot{\omega}_2 - \dot{\omega}_3$, тоді $\dot{\omega}_3 = \dot{\omega}_2 - \ddot{z} = \Delta\dot{\omega}_2 - \Delta\ddot{z}$.

З урахуванням (9) відносно ковзання двигуна визначиться з виразу:

$$s_1 = \frac{\omega_0 - \omega_1}{\omega_0} = 1 - \frac{\omega_1}{\omega_0} = 1 - \frac{\omega_{10}}{\omega_0} - \frac{\Delta\omega_1}{\omega_{10}\omega_0} = 1 - \frac{\omega_{10}}{\omega_0} \left(1 + \frac{\Delta\omega_1}{\omega_{10}}\right). \quad (5)$$

Відносно ковзання електродинамічного зв'язку $s_2 = \frac{\omega_1 - \omega_2}{\omega_1}$, зі свого боку, є

нелінійною функцією, тому що змінна величина ω_1 входить у знаменник.

Представимо ковзання електродинамічного зв'язку так:

$$s_2 = (\omega_1 - \omega_2) \frac{1}{\omega_1} = (\omega_{10} + \Delta\omega_1 - \omega_{20} - \Delta\omega_2) \frac{1}{\omega_1} \text{ та } \frac{1}{\omega_1} = \frac{1}{\omega_{10} + \Delta\omega_1} = \frac{1}{\omega_{10} \left(1 + \frac{\Delta\omega_1}{\omega_{10}} \right)}.$$

Розкладаючи останню залежність у степеневий ряд і обмежуючись трьома його членами, отримуємо:

$$\frac{1}{\omega_1} = \frac{1}{\omega_0} \left[1 - \frac{\Delta\omega_1}{\omega_{10}} + \left(\frac{\Delta\omega_1}{\omega_{10}} \right)^2 - \left(\frac{\Delta\omega_1}{\omega_{10}} \right)^3 \right]. \quad (6)$$

Після перетворення, та нехтуючи малими високого порядку, отримуємо таку залежність для ковзання в електродинамічному зв'язку:

$$s_2 = 1 - \frac{\omega_{20}}{\omega_{10}} + \frac{\Delta\omega_1}{\omega_{10}} \frac{\omega_{20}}{\omega_{10}} - \frac{\Delta\omega_2}{\omega_{10}} = \left(1 - \frac{\Delta\omega_2}{\omega_{10}} \right) - \frac{\omega_{20}}{\omega_{10}} \left(1 - \frac{\Delta\omega_1}{\omega_{10}} \right). \quad (7)$$

Обмежуючись двома членами рядів (3) та (4) з урахуванням (5), механічну характеристику двигуна можна представити так:

$$f\left(\frac{s_1}{s_{1k}}\right) = f\left(\frac{s_{10}}{s_{1k}}\right) + f'\left(\frac{s_{10}}{s_{1k}}\right) \frac{1}{s_{1k}} \left[1 - \frac{\omega_{10}}{\omega_0} \left(1 + \frac{\Delta\omega_1}{\omega_{10}} \right) - s_{10} \right], \quad (8)$$

а механічну характеристику муфти ковзання так:

$$\varphi\left(\frac{s_2}{s_{2k}}\right) = \varphi\left(\frac{s_{20}}{s_{2k}}\right) - \varphi'\left(\frac{s_{20}}{s_{2k}}\right) \frac{1}{s_{2k}} \left[\left(1 - \frac{\Delta\omega_2}{\omega_{10}} \right) - \frac{\omega_{20}}{\omega_{10}} \left(1 - \frac{\Delta\omega_1}{\omega_{10}} \right) - s_{20} \right]. \quad (9)$$

Система рівнянь (1) за

$$a = M_{1k} f'\left(\frac{s_{10}}{s_{1k}}\right) \frac{1}{s_{1k}} \frac{1}{\omega_0}; \quad b = M_{2k} \varphi'\left(\frac{s_{20}}{s_{2k}}\right) \frac{1}{\omega_{10}} \frac{1}{s_{2k}}; \quad a_0 = f\left(\frac{s_{10}}{s_{1k}}\right) M_{1k}; \quad b_0 = \varphi\left(\frac{s_{20}}{s_{2k}}\right) M_{2k}, \quad (10)$$

набуде вигляду:

$$\begin{aligned} J_1 \Delta \dot{\omega}_1 + a \Delta \omega_1 - b \Delta \omega_2 + b \Delta \omega_1 \frac{\omega_{20}}{\omega_{10}} &= a_0 + a_0 \omega_0 - a \omega_{10} - a \omega_0 s_{10} - b_0 - b \omega_{10} + b \omega_{20} + b s_{20} \omega_{10}; \\ J_2 \Delta \dot{\omega}_2 + b \Delta \omega_2 - b \Delta \omega_1 \frac{\omega_{20}}{\omega_{10}} + C \Delta z &= b_0 + b \omega_{10} - b \omega_{20} - b s_{20} \omega_{10} - C z_0; \\ J_3 \Delta \dot{\omega}_2 - J_3 \Delta \ddot{z} - C \Delta z &= C z_0 - M_3. \end{aligned} \quad (11)$$

Прийнявши $p = \frac{d}{dt}$, $A = a_0 + a \omega_0 - a \omega_{10} - a \omega_0 s_{10}$, $B = b_0 + b \omega_{10} - b \omega_{20} - b \omega_{10} s_{20}$,

$l = \frac{\omega_{20}}{\omega_{10}}$ та $M_3 = M_{30} + B_4 \sin \Omega t$, отримаємо:

$$\begin{aligned}
(J_1 p + a + bl)\Delta\omega_1 - b\Delta\omega_2 &= A - B; \\
-bl\Delta\omega_1 + (J_2 p + b)\Delta\omega_2 + C\Delta z &= B - Cz_0; \\
J_3 p\Delta\omega_2 - (J_3 p^2 + C)\Delta z &= Cz_0 - M_{30} - B_4 \sin \Omega t.
\end{aligned} \tag{12}$$

Отримана система лінійних рівнянь може бути розв'язана відносно будь-якої зі змінних. Постійні A і B можна визначити з умови руху, який установився, коли $B_4 = 0$.

Якщо розглядати коливання змінних відносно значень, які встановилися, тобто за $A = B = Cz_0 = M_{30}$, то з першого рівняння системи (13) отримаємо

$$\Delta\omega_1 = \Delta\omega_2 \frac{b}{(J_1 p + a + bl)}.$$

Тоді друге рівняння буде таким:

$$-\frac{b^2 l}{(J_1 p + a + bl)} \Delta\omega_2 + (J_2 p + b)\Delta\omega_2 + C\Delta z = 0, \text{ а третє рівняння таким:}$$

$$\frac{J_3 p C \Delta z}{J_2 p + b - \frac{b^2 l}{J_1 p + a + bl}} + (J_3 p + C)\Delta z = B_4 \sin \Omega t. \tag{14}$$

Висновки. Амплітудно-частотні характеристики системи з електродинамічним та пружним зв'язками та отримані на електронній моделі за таких параметрів системи: $J_1 = 0,1875 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$; $J_2 = 0,10 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$; $J_3 = 0,15 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$; $M_{2k} = 52 \text{ Н} \cdot \text{м}$; $s_{2k} = 1$; $M_{1k} = 24,8 \text{ Н} \cdot \text{м}$; $s_{1k} = 0,37$, $I = 1 \text{ А}$;

Література

1. Маслов Г. С. (1982) Расчеты колебаний валов: справ. пособие. М.: Машиностроение – 272 с.
2. Алексеева С. В., Вейц В. Л., Геккер Ф. Р., Кочура А. Е. (1982) Силовые передачи транспортных машин. Динамика и расчет. Л.: Машиностроение. – 256 с.
3. Калінін Є. І. (2015) Частотно-динамічна математична модель тракторного агрегату з передачею крутного моменту до рушіїв сільськогосподарської машини. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. Вип. 156. – С. 327-334.

4. Калінін Є. І., Романченко В. М. (2016) Оцінка міцності при дії локального навантаження на попередньо напружену безмоментну оболонку. Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. 5. – С. 167-172.

5. Калінін Є. І., Поляшенко С. О. (2018) Розв'язок статичної плоскої задачі теорії пружності для неоднорідних ізотропних тіл. Математичне моделювання. 2(39). – С. 102-111.

УЗАГАЛЬНЕННЯ ДИНАМІКИ СИСТЕМ У РЕЖИМАХ РЕЗОНАНСІВ

Лебедєв С., канд. техн. наук, hfukrndipvt@gmail.com,

Козлов Ю., urgenurgen@gmail.com,

Харківська філія УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого,

Калінін Є. д-р техн. наук, проф., kalininhntusg@gmail.com,

Національний університет біоресурсів і природокористування України,

Шевченко І., канд. техн. наук, доц., igorshvchnk@gmail.com,

Державний біотехнологічний університет

Вступ. Фрикційні автоколивання, тобто коливання, які збуджуються нелінійними силами тертя, зустрічаються практично в усіх машинах і конструкціях, які мають пари тертя. Зараз налічується велика кількість публікацій, присвячених їхньому вивченню, накопичені важливі відомості про їхню природу залежно від різних факторів та методи усунення. Однак, як правило, разом з цим розглядаються автоколивання у системах з одним ступенем свободи.

Найбільш повно вивчені класичні задачі про коливання пружно закріпленого вантажу, який лежить на нескінченній стрічці, яка рухається, автоколивання в механічних передачах силових установок енергетичних і транспортних машин [1, 2, 3] і деякі інші завдання, які, як уже зазначено, також вивчаються з одним ступенем свободи.

Мета роботи – вивчення властивостей фрикційних автоколивань у системах із двома ступенями свободи.

Методи і матеріали. Методологічною основою роботи є узагальнення та аналіз відомих наукових результатів відносно динаміки систем у режимах резонансів та використання системного підходу. Для формування наукової проблеми, визначення мети і постановки завдань дослідження використовувався аналітичний метод та порівняльний аналіз. Під час створення емпіричних моделей використані основні положення теорії стійкості систем, методології системного аналізу та дослідження функцій.

Результати та обговорення. Розглянемо систему з двома ступенями свободи (рис. 1), припускаючи, що функція тертя (рис. 2) апроксимована кубічним поліномом від швидкості ковзання, причому тертя прикладене лише до однієї з мас. Виняток рівномірного обертання, який відповідає третьому ступеню свободи, призводить до розгляду не моменту сил тертя, а різниці між моментом сил тертя і моментом рухомих сил і дає змогу ввести малий параметр ε множником з цією різницею.

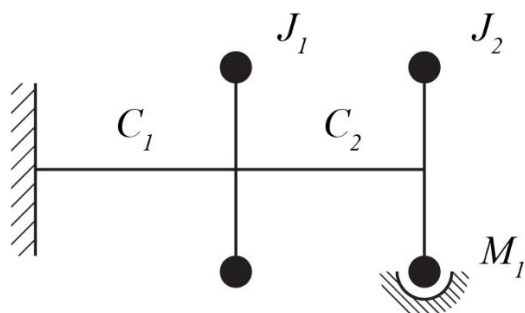


Рисунок 1 – Динамічна модель системи, яка розглядається

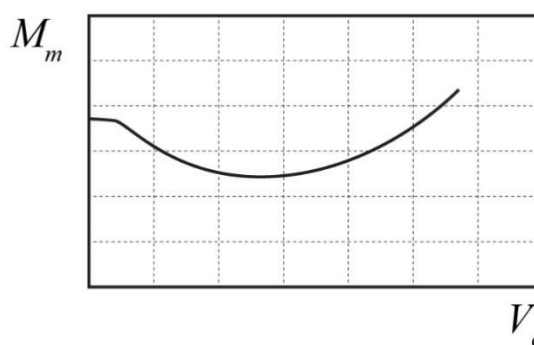


Рисунок 2 – Загальний вигляд функції тертя

Рух системи описується такими диференціальними рівняннями:

$$\begin{aligned} \ddot{\alpha}_1 + \frac{c_1}{J_1} \alpha_1 - \frac{c_2}{J_1} \alpha_2 &= 0; \\ \ddot{\alpha}_2 - \frac{c_1}{J_1} \alpha_1 + \left(\frac{1}{J_1} + \frac{1}{J_2} \right) c_2 \alpha_2 &= -\varepsilon [f_0 - f_1(\omega_0 + \dot{\alpha}_1 + \dot{\alpha}_2) + f_2(\omega_0 + \dot{\alpha}_1 + \dot{\alpha}_2)^3], \end{aligned} \quad (1)$$

де c_1, c_2 – крутильні жорсткості відповідних ділянок вала;

J_1, J_2 – моменти інерції приведених махових мас;

f_0, f_1, f_2 – позитивні коефіцієнти, які характеризують пару тертя та умови тертя;

ω_0 – швидкість рівномірного обертання системи.

Розв'язок системи (1) шукаємо як ряд за ступенями ε :

$$\alpha_i = \alpha_{i0} + \varepsilon \alpha_{i1}(\alpha_1, \alpha_2, \psi_1, \psi_2) + \varepsilon^2 \alpha_{i2}(\alpha_1, \alpha_2, \psi_1, \psi_2) + \dots, (i=1,2), \quad (2)$$

де

$$\begin{aligned} \alpha_{10} &= \alpha_1 \cos \psi_1 + \alpha_2 \cos \psi_2; \\ \alpha_{20} &= \alpha_1 k_1 \cos \psi_1 + \alpha_2 k_2 \cos \psi_2, \end{aligned} \quad (3)$$

а розв'язок породжувальної системи, (за $\varepsilon = 0$) – $\psi_i = \omega_i t + \varphi_i, k_i = \frac{c_1 - J_1 \omega_i^2}{c_2}, i = 1, 2,$

де $\alpha_{i1}, \alpha_{i2} \dots$ – періодичні за ψ_1, ψ_2 , функції з періодом 2π , причому α_i, ψ_i як функції часу визначаються диференціальними рівняннями

$$\begin{aligned} \frac{d\alpha_i}{dt} &= \varepsilon A_{i1}(\alpha_1, \alpha_2) + \varepsilon^2 A_{i2}(\alpha_1, \alpha_2) + \dots; \\ \frac{d\psi_i}{dt} &= \omega_i + \varepsilon B_{i1}(\alpha_1, \alpha_2) + \varepsilon^2 B_{i2}(\alpha_1, \alpha_2) + \dots \end{aligned} \quad (4)$$

Завдання полягає у визначенні функцій $\alpha_{i1}, \alpha_{i2} \dots$ і $A_{i1}, A_{i2}, \dots, B_{i1}, B_{i2}$, отже, щоб система розв'язків (2) задовольняла, з певним ступенем точності, систему рівнянь (1) завжди за α_i, ψ_i ($i=1,2$), які задовольняють умови (4) з тим же ступенем точності.

Підставляючи (2) з урахуванням (3) і (4) у систему (1) і прирівнюючи коефіцієнти з однаковими степенями ε , можна отримати рівняння, які відповідають нульовому, першому, другому і т. д. наближенням. Нульовим наближенням є розв'язок (3) породжувальної системи. Для першого наближення маємо:

$$\begin{aligned} &\left(\omega_1 \frac{\partial}{\partial \psi_1} + \omega_2 \frac{\partial}{\partial \psi_2} \right)^2 \alpha_{11} + \frac{c_1}{J_1} \alpha_{11} - \frac{c_2}{J_1} \alpha_{21} = 2\omega_1 (A_{11} \sin \psi_1 + \\ &\quad + \alpha_1 B_{11} \cos \psi_1) + 2\omega_2 (A_{21} \sin \psi_2 + \alpha_2 B_{21} \cos \psi_2); \\ &\left(\omega_1 \frac{\partial}{\partial \psi_1} + \omega_2 \frac{\partial}{\partial \psi_2} \right)^2 \alpha_{21} - \frac{c_1}{J_1} \alpha_{11} + \left(\frac{c_2}{J_1} + \frac{c_2}{J_2} \right) \alpha_{21} = 2k_1 \omega_1 (A_{11} \sin \psi_1 + \\ &\quad + \alpha_1 B_{11} \cos \psi_1) + 2k_2 \omega_2 (A_{21} \sin \psi_2 + \alpha_2 B_{21} \cos \psi_2) - f_0 + f_1(\omega_0 - \\ &\quad - b_1 \sin \psi_1 - b_2 \sin \psi_2) - f_2(\omega_0 - b_1 \sin \psi_1 - b_2 \sin \psi_2)^3. \end{aligned} \quad (5)$$

Тут для стислості позначено $b_i = \alpha_i \omega_i (1 + k_i)$, ($i=1,2$). Замінімо квадрати, куби та добутки синусів першими степенями тригонометричних функцій. Після приведення подібних система (5) буде такою:

$$\begin{aligned}
\ddot{\alpha}_{11} + \frac{c_1}{J_1} \alpha_{11} - \frac{c_2}{J_1} \alpha_{21} &= 2\omega_1(A_{11} \sin \psi_1 + \alpha_1 B_{11} \cos \psi_1) + 2\omega_2(A_{21} \sin \psi_2 + \alpha_2 B_{21} \cos \psi_2); \\
\ddot{\alpha}_{21} - \frac{c_1}{J_1} \alpha_{11} + \left(\frac{c_2}{J_1} + \frac{c_2}{J_2} \right) \alpha_{21} &= \left[f_0 + f_1 \omega_0 - f_2 \omega_0 (\omega_0^2 + \frac{3}{2} b_1^2 + \frac{3}{2} b_2^2) \right] + \\
&+ \left[2\omega_1 k_1 A_{11} - f_1 b_1 + \frac{3}{4} f_2 b_1^3 + 3f_2 \omega_0^2 b_1 + \frac{3}{2} f_2 b_1 b_2^2 \right] \sin \psi_1 + \\
&\left[2\omega_2 k_2 A_{21} - f_1 b_2 + \frac{3}{4} f_2 b_2^3 + 3f_2 \omega_0^2 b_2 + \frac{3}{2} f_2 b_1^2 b_2 \right] \sin \psi_2 + 2\alpha_1 k_1 \omega_1 B_{11} \cos \psi_1 + \\
&+ 2\alpha_2 k_2 \omega_2 B_{21} \cos \psi_2 - \frac{1}{4} f_2 b_1^3 \sin 3\psi_1 - \frac{1}{4} f_2 b_2^3 \sin 3\psi_2 + \frac{3}{2} f_2 \omega_0 b_1^2 \cos 2\psi_1 + \frac{3}{2} f_2 \omega_0 b_2^2 \cos 2\psi_2 - \\
&- \frac{3}{4} f_2 b_1^2 b_2 \sin(2\psi_1 + \psi_2) + \frac{3}{4} f_2 b_1^2 b_2 \sin(2\psi_1 - \psi_2) - \frac{3}{4} f_2 b_1 b_2^2 \sin(\psi_1 + 2\psi_2) - \\
&- \frac{3}{4} f_2 b_1 b_2^2 \sin(\psi_1 - 2\psi_2) - 3f_2 \omega_0 b_1 b_2 \cos(\psi_1 - \psi_2) + 3f_2 \omega_0 b_1 b_2 \cos(\psi_1 + \psi_2).
\end{aligned} \tag{6}$$

Умовою відсутності резонансу у системі (6) є виконання рівності

$$\frac{c_1}{J_1} (F_1 + F_2) + \ddot{F}_2 = 0, \text{ де } F_1, F_2 - \text{резонувальні члени у правих частинах відповідно}$$

першого та другого рівнянь системи (6). Ця умова дає такі рівняння:

$$\begin{aligned}
2\omega_1 A_{11} \left[(k_1 + 1) \frac{c_1}{J_1} - k_1 \omega_1^2 \right] - \left(\frac{c_1}{J_1} - \omega_1^2 \right) \left[f_1 b_1 - 3f_2 b_1 \left(\omega_0^2 + \frac{b_1^2}{4} + \frac{b_2^2}{4} \right) \right] &= 0; \\
2\omega_2 A_{21} \left[(k_2 + 1) \frac{c_1}{J_1} - k_2 \omega_2^2 \right] - \left(\frac{c_1}{J_1} - \omega_2^2 \right) \left[f_1 b_2 - 3f_2 b_2 \left(\omega_0^2 + \frac{b_2^2}{4} + \frac{b_1^2}{4} \right) \right] &= 0; \\
2a_1 \omega_1 B_{11} \left[(k_1 + 1) \frac{c_1}{J_1} - k_1 \omega_1^2 \right] &= 0; \\
2a_2 \omega_2 B_{21} \left[(k_2 + 1) \frac{c_1}{J_1} - k_2 \omega_2^2 \right] &= 0,
\end{aligned} \tag{7}$$

які визначають функції $A_{i1}(a_1, a_2)$, $B_{i1}(b_1, b_2)$ ($i=1, 2$):

$$\begin{aligned}
A_{11}(a_1, a_2) &= q_1 a_1 (p + b_1^2 + 2b_2^2); \\
A_{21}(a_1, a_2) &= q_2 a_2 (p + 2b_1^2 + b_2^2); \\
B_{11} &= 0; \\
B_{21} &= 0,
\end{aligned} \tag{8}$$

$$\text{де } p = \frac{4}{3f_2} (3f_2 \omega_0^2 - f_1); \quad q_i = \frac{3f_2 k_i c_2 (1 + k_i)}{2(c_1 + k_i^2 c_2)}, \quad (i=1, 2).$$

Підстановка (8) у (4) для розв'язків першого наближення дає:

$$\begin{aligned}\frac{da_1}{dt} &= \varepsilon q_1 a_1 (p + b_1^2 + 2b_2^2); \\ \frac{da_2}{dt} &= \varepsilon q_2 a_2 (p + 2b_1^2 + b_2^2); \\ \frac{d\psi_1}{dt} &= \omega_1; \\ \frac{d\psi_2}{dt} &= \omega_2.\end{aligned}\tag{9}$$

Останні два рівняння системи (9) доходять невідомого висновку, які з точністю до першого наближення, включно автоколивання, відбуваються з постійними частотами, які дорівнюють власним частотам системи. Це збігається із висновками інших авторів, отриманими іншими методами.

Висновки. Метод Г. Бояджиєва може бути застосований для дослідження багатомасових автоколивальних систем і дає їхній загальний розв'язок як асимптотичних розкладів до будь-якого ступеня точності.

Отримані умови стійкості стаціонарних режимів підтверджують експериментальні результати, що у багатомасових системах автоколивання можливі лише на спадних ділянках характеристик тертя.

Характер коливань, які розвиваються – їхня частотність і співвідношення амплітуд складових гармонік – цілком визначається структурою системи, її пружними та інерційними властивостями.

Література

1. Штейнвольф Л. И. (1966) Динамика механических передач силовых установок тепловозов: дис. докт. техн. наук. Х. – 517 с.
2. Калінін Є. І., Романченко В. М. (2016) Оцінка міцності при дії локального навантаження на попередньо напружену без моментну оболонку. Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. 5. – С. 167-172.
3. Калінін Є. І. (2015) Частотно-динамічна математична модель тракторного агрегату з передачею крутного моменту до рушіїв сільськогосподарської машини. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. 156. – С. 327-334.

ІННОВАЦІЙНІ НАНОТЕХНОЛОГІЇ В АГРОПРОМИСЛОВОМУ КОМПЛЕКСІ ТА ЇХНЯ КЛАСИФІКАЦІЯ

Денисенко М., канд. техн.наук, доц., mdenisenko317@gmail.com,

Лозинська В.,

Волошин В.,

Майстренко Б.,

ВСП «Немішайвський фаховий коледж НУБіП України»

Вступ. Упровадження інновацій і передових технологій у процеси виробництва сільськогосподарської продукції є основною умовою досягнення поставлених конкурентних завдань. В агропромисловому комплексі інновації – це реалізація у господарчу практику результатів досліджень та розробок. Інновація – в загальному значенні нововведення чогось уже використовуваного, яка забезпечує якісне зростання ефективності процесів або продукції. Інновації стосовно агропромислового комплексу – це нова техніка, нові сорти рослин, новітні технології, нові породи тварин, нові добрива і засоби захисту рослин і тварин, методи профілактики та лікування тварин, удосконалені форми організації, фінансування та кредитування виробництва. Перспективним напрямком використання нанотехнологій є зміцнення та відновлення деталей напилюванням нанопорошків на їхні робочі поверхні для підвищення зносостійкості та довговічності. Для захисту поверхонь деталей машин від зносу і корозії велику зацікавленість представляють наноплівки. Підтверджується стала тенденція ширшого використання електронних пристроїв, які дають змогу контролювати норму внесення добрив із використанням приладів системи GPS і засобів ISOBUS комунікації. Це активно впроваджує технологію точного землеробства.

Матеріали і методи. Категорія «інновація» була запроваджена у науковий обіг одним з видатних американських економістів ХХ століття Й. Шумпетером. У своїй роботі «Теорія економічного розвитку», виданої у 1912 році, він розглядав інновацію як засіб підприємництва для отримання прибутку. У науковій

монографії 1939 року «Економічні цикли» вчений визначив інновації як зміни в технології і управлінні виробництвом, новітні комбінації використання виробничих ресурсів, які долають економічні кризи. У 1993 році, в італійському місті Фраскати вчені – представники країн Організації економічного співробітництва і розвитку (ОЕСР) – затвердили спеціальний документ, присвячений основним проблемам інноваційної діяльності у сучасному світі.

У цьому документі інновації визначаються як кінцевий результат інноваційної діяльності, втіленої у вигляді нового або вдосконаленого технологічного процесу, який використовується на практиці. Нанотехнології – міждисциплінарні технології, які розроблені для об'єктів розмірами меншими за один мікрон і дають змогу проводити дослідження, маніпуляції та обробку речовин у діапазоні розмірів від 0,1 до 100 нанометрів (1 нанометр – одна мільярдна метра) [1]. Доцільність використання наноматеріалів, які виготовляються із застосуванням нанотехнологій, зумовлена тим, що у таких розмірах об'єктів речовина має властивості, які не притаманні їй макрокількості.

Агропромисловий комплекс України – це «становий хребет» нашої держави і тому, прискорений розвиток його потенціалу завдяки інноваціям, відкриває багато шляхів їхнього економічного зростання. Крім усе зростаючого попиту споживачів на продукцію, яка виробляється відповідно до принципів екологічно сталого виробництва і необхідності зменшення виробничих витрат, у цій галузі також знаходять відбиток проблеми більш глобального характеру.

Цифрові технології також викликають трансформацію галузі та відкривають надвеликі можливості підвищення продуктивності, прибутку та довготривалого і сталого сільськогосподарського виробництва. Вони різноманітні і включають використання безпілотних літальних апаратів, автономних транспортних засобів, технологій дистанційного зондування, географічних інформаційних систем, чипів радіочастотної ідентифікації (RFID), які слідкують за станом здоров'я тварин, автоматизованих систем доїння і годівлі, а також датчиків і роботів для вирощування рослин у контрольованих умовах, наприклад, у теплицях. Країни, світові інноваційні лідери, (США, країни Європейського Союзу, Південна Корея,

Китай) спрямовують зусилля на вдосконалення оціночних систем інноваційної діяльності. Серед оціночних показників – сумарний індекс інновацій підприємства, які використовуються в цих країнах. [2-4].

Базою для створення національної інноваційної системи (НІС) у США стала програма підтримки технологічних компаній та дрібних інноваційних фірм, у Франції, Німеччині і Японії, які почали широкомасштабні програми створення науково-технологічних парків та інноваційних центрів. Поряд із державною підтримкою важливим методом активізації інноваційних процесів у багатьох країнах світу є венчурне (ризикове) інвестування. Закордонний досвід показує високу ефективність дрібних новаторських (інноваційних) фірм, і треба відзначити, що в Україні цьому напрямку надається велика увага.

У країнах Європейського Союзу здійснюється єдина інноваційна політика, відпрацьовано єдине антимонопольне законодавство, заохочується дрібний наукоємний бізнес. Рамкові програми (на чотири-сім років) спрямовані в основному на розширення інноваційних проектів. Заслугує розповсюдження досвіду США з пільгового кредитування фермерських господарств, які впроваджують дорогі інновації з високим ступенем фінансового ризику.

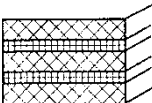
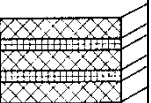
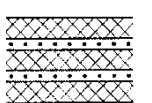
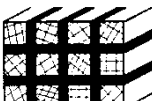
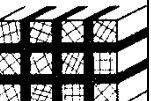
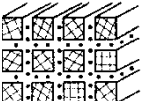
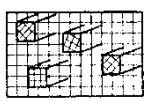
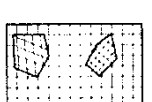
Дослідження інноваційних процесів в АПК України представлені у роботах вітчизняних вчених, зокрема у працях П. Т. Саблука, М. В. Зубця, О. І. Дація, М. Х. Корецького, О. І. Яновської, а також закордонних дослідників: Й. Шумпетер, Б. Санто, Х. Барнет, Г. Менш та інших, які розробили принципи і основи інновацій.

Мета роботи. Метою нашого дослідження є обґрунтування і вдосконалення інноваційних нанотехнологій з точки зору інженерії поверхні та уточнення класифікації типів інновацій.

Результати та обговорення. Головною проблемою, яку необхідно розв'язати, є визнання стратегічного значення розробляння та впровадження нанотехнологій і наноматеріалів на державному рівні та подолання відставання України у здійсненні наукового та методичного забезпечення координації досліджень та розробок, формуванні та розвитку технологічної бази, задоволенні потреби у спеціально підготовлених кадрах з наданням для цього відповідної

фінансової підтримки. Скористуємося класифікацією Г. Глейтера, щоб охарактеризувати основні типи структур неpolімерних наноматеріалів (табл. 1) [5]. За хімічним складом та розподіленням фаз треба виділити чотири типи структури: однофазні, статистичні багатофазні з ідентичними і неідентичними поверхнями розділу та матричні багатофазні.

Таблиця 1 – Класифікація консолідованих наноматеріалів за складом, розподіленням та формою структурних складових [5]

Форма	Однофазний склад	Багатофазний склад		
		Статистичне розподілення		Матричне розподілення
		Ідентичні границі	Неідентичні границі	
Пластинчаста				
Стовпчаста				
Рівновісна				

Також виділяють три типи структури за формою: пластинчаста, стовпчаста і та, яка містить рівновісні включення. Один з основних факторів, який визначає експлуатаційні характеристики конструкційних матеріалів і машин, є структурно-фазовий склад поверхневого шару. Тому цілеспрямована зміна цього складу (модифікація) суттєво покращує потрібні експлуатаційні характеристики матеріалів та виробів. Отримання новітнього класу покриттів можливе двома способами: формуванням багат шарової структури з шаром у нанозоні завтовщкк (1-20 нм) – багат шарові наноструктури (БШНС), зокрема, так названі суперрешітчасті (superlattice) гетеро структури, які мають високу твердість, або розсіюванням нанокристалічних частинок в аморфній матриці – нанокомпозити. [6]. Основні галузі використання нанотехнологій і наноматеріалів в АПК: технічний сервіс машин; рослинництво, тваринництво; переробка сільськогосподарської продукції; створення нової сільськогосподарської техніки; нанотехнології у сільськогосподарському машинобудуванні. Інноваційні процеси

в АПК мають свою специфіку, вони відрізняються численністю галузових, регіональних, технологічних, функціональних особливостей. На думку використання нанотехнологій у сільському господарстві (у вирощуванні зернових культур, овочів і тварин), і в харчових виробництвах (у переробці та пакуванні) призведе до створення нового класу харчових продуктів – «нанопродуктів», котрі з часом витиснуть з ринку геномодифіковані продукти. Нанотехнології у сільському господарстві передбачають використання для захисту рослин препаратів новітнього покоління, котрі відрізняються максимальним проникненням в листя, стебла та коріння активних речовин завдяки незвично малим розмірам. Під час створення нової сільськогосподарської техніки спеціальними нанопокриттями та емульсіями може бути збільшено ресурс деталей і агрегатів. Наноматеріали з оксиду кремнію перспективні для виготовлення підшипників ковзання, клапанів двигунів, антифрикційних вкладишів, насадок для водополивної техніки і обприскувачів та інших швидкозношуваних деталей.

На основі нанотехнологій є можливість отримання різних покриттів (рис.1), зокрема шарових (а), багат шарових (б) і композитних (в).

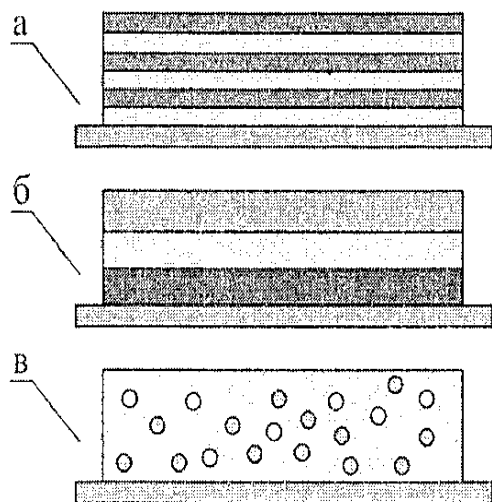


Рисунок 1 - Різні варіанти отриманих покриттів:

а – шарові (двокомпонентні) покриття; б – багат шарові (наприклад, металополімерні) покриття; в – композитні покриття

У технічному сервісі завдяки використанню наноматеріалів можна досягти значного (до 1,5-4 разів) зростання ресурсу роботи машин, а також зниження

експлуатаційних витрат (зокрема, витрати пального), зменшити небезпечні викиди. Наноматеріали, в основному фулерени, упроваджують у мастильні матеріали, котрі забезпечують процес «знос-відновлення».

Для захисту поверхонь від корозії та зносу починають використовувати наноплівки. До них належать поверхнево-активні речовини (ПАР), які треба поділити на два типи: фторорганічні ПАР і органічні з'єднання, у яких є здатність адсорбуватися на поверхні розділу фаз, зменшуючи міжфазовий натяг.

Робочі органи машин та обладнання у сільськогосподарському виробництві набувають властивості бактерицидності та довготривалої протидії агресивним середовищам, зберігають здатність працювати в негативних умовах під час їх обробки багатофункціональними композиціями на основі фторомістких поверхнево-активних речовин (фтор ПАР, епілам) [7]. Водночас практика показує, що для створення наноплівок, необхідне енергоємне та дороге обладнання (лазерне зміцнення, плазмове напилювання, інші інноваційні методи).

В Україні, на основі вітчизняних наукових розробок у царині нанотехнологій [8] «основними видами прогресивних технологій, які впроваджуються у вітчизняному сільгоспвиробництві, зокрема, є: ґрунтозахисні системи обробітку, насіннєві матеріали (нові сорти, гібриди), органічне землеробство, технології землеробства (NO – TILL), система прямої сівби), використання біодобрих, нові породи тварин, прогресивні системи відгодівлі тварин, новітні машини та обладнання, біогазові установки, маркетингові технології, GPS – моніторинг сільськогосподарської техніки»

Висновки. 1. Нанотехнології в агропромисловому комплексі створюють нові матеріали для сільськогосподарської техніки, засоби діагностики та лікування захворювань тварин і захисту рослин.

2. Для АПК мають значення нанорозмірні плівки на деталях, які надають їм новітніх властивостей. Ці плівки суттєво розширюють діапазон умов технічної експлуатації відповідальних вузлів обладнання.

Література

1. Taniguchi N. (1974). On the basic concept of nanotechnology, Proceedings of the International Conference on Production Engineering.
2. Дж. Уайтсайдес, Д. Эйглер, Р. Андерс и др. (2002). Нанотехнологии в ближайшем десятилетии. Прогноз направления исследований. Под ред. Р. С. Уильямса и П. Аливисатоса. Пер с англ. М.: Мир. – 292 с.
3. Пул Ч., Дуэнс Ч. (2004). Нанотехнологии / Перевод с англ. – М.: Техносфера.
4. Шумпетер Й. (2000). Теория экономического развития (исследование предпринимательской прибыли, капитала, кредита, процента и цикла конъюнктуры) / Й. Шумпетер. – М.: Прогресс. – 563 с.
5. Санто Б. (2001). Инновации как средство экономического развития М.: Прогресс, 397 с.
6. Карпов Д. А. (2008). Многослойные наноструктуры и нанокомпозиты – новое поколение покрытий для модификации поверхностных свойств материалов. / Д. А. Карпов, В. Н. Литуновский. СПб.: ФГУП «НИИЭФА им.Д.В. Ефремова. – 93 с.
7. Электронный ресурс: [www. epilam.ru](http://www.epilam.ru)
8. Інноваційна Україна 2020: Національна доповідь / за заг.ред. В. М. Гейця та ін.; НАН України. К., 2015. – 336 с.

СТОСОВНО АНАЛІЗУ СИЛ, ЯКІ ДІЮТЬ У СИСТЕМІ ГОЛКА-ГРУНТ ПІД ЧАС РОБОТИ ІНЖЕКЦІЙНОГО РОТАЦІЙНОГО ГОЛЧАСТОГО ЗНАРЯДДЯ

Ветохін В., д-р. техн. наук, проф., veto.vladim@gmail.com,

Рижкова Т., tetiana.ryzhkova@pdaa.edu.ua,

Полтавський державний аграрний університет

Вступ. Питання ефективного використання земельних ресурсів, покращення якісних характеристик виконання технологічних операцій під час обробітку ґрунту та, як наслідок, підвищення загальної врожайності сільськогосподарських культур є актуальними та потребують сучасних наукових досліджень. Одним із засобів підвищення ефективності технологічних процесів обробітку ґрунту є застосування інжекційних ротаційних голчастих знарядь. Однак такі знаряддя поряд з перевагами проявлять деякі недоліки. Пошук способів усунення таких недоліків потребує поглибленого теоретичного вивчення процесу взаємодії голки з ґрунтом.

Відомий ряд теоретичних та практичних наукових досліджень голчастих ротаційних знарядь, призначених для поверхневого обробітку ґрунту [1-5].

Поверхневий обробіток ґрунту застосовується для знищення бур'янів і розпушення ґрунту під час його підготовки до вирощування різних культур. Розпушування ґрунту та одночасне перемішування з рослинними рештками зберігає і накопичує вологу в поверхневому шарі.

Особливостями знарядь зазначеного класу та робочого процесу є дія, спрямована саме на поверхневий шар ґрунту. Експериментальні дослідження свідчать, що за конструкційної довжини голки до 16 см робоча глибина сягає 3-6 см з відхиленням 1-2 см [1]. Водночас для інжекційних ротаційних знарядь робоча глибина становить 12 см і більше.

Стосовно ґрунтозахисного землеробства детально оцінювалися голчасті борони відносно процесів у ґрунті [2]. Зокрема, досліджувався характер впливу голок на ґрунт, закономірності, які визначають розташування раковини

сколювання, взаємозв'язок конструкційних елементів голчастої батареї із фізико-механічними властивостями ґрунту.

В енергетичному та силовому аналізі пропонуються моделі, в яких сили вважаються прикладеними до уявної точки голки [3, 4]. У геометрично-траєкторному аналізі профіль розпушеної голкою зони найчастіше визначається як лінія, яка огинає траєкторію руху окремої точки [5].

Опубліковані матеріали експериментальних досліджень показують існування в межах робочої глибини голки двох зон деформації ґрунту, які спрямовані у протилежних напрямках, а також існування зони, яка отримала назву «точка повертання голки» [6, 7]. Такий висновок призводить до необхідності врахування як обертання голки навколо осі колеса, так і повертання голки у шарі ґрунту.

Отже, спостерігається деяка неузгодженість результатів експериментальних і теоретичних досліджень.

Мета роботи – отримання рекомендацій з удосконалення знаряддя теоретичним аналізом механіки взаємодії з ґрунтом голки як основної частини робочого органу.

Матеріали і методи. Основним методом роботи є побудова спрощеної моделі робочого органу як рухомої механічної системи та розгляд сил, які діють на голку у різних фазах руху. Використовуються знання з механіки ґрунту, базові положення землеробської механіки та теорії сільгоспмашин.

Робочий орган інжекційного знаряддя, який зазвичай носить назву інжекційне колесо, складається з таких частин (рис. 1):

- важіль, який кріпиться до рами та несе на собі колесо, яке вільно обертається;
- вісь обертання колеса;
- маточина, по периметру якої встановлені інжекційні голки;
- інжекційні голки, розташовані по зовнішньому периметру маточини, та в роботі по черзі занурюються у шар ґрунту;
- інжекційні канали всередині голок та маточини;

- розподільчий вузол рідини, який інжектуюється, спряжений з торцем маточини.

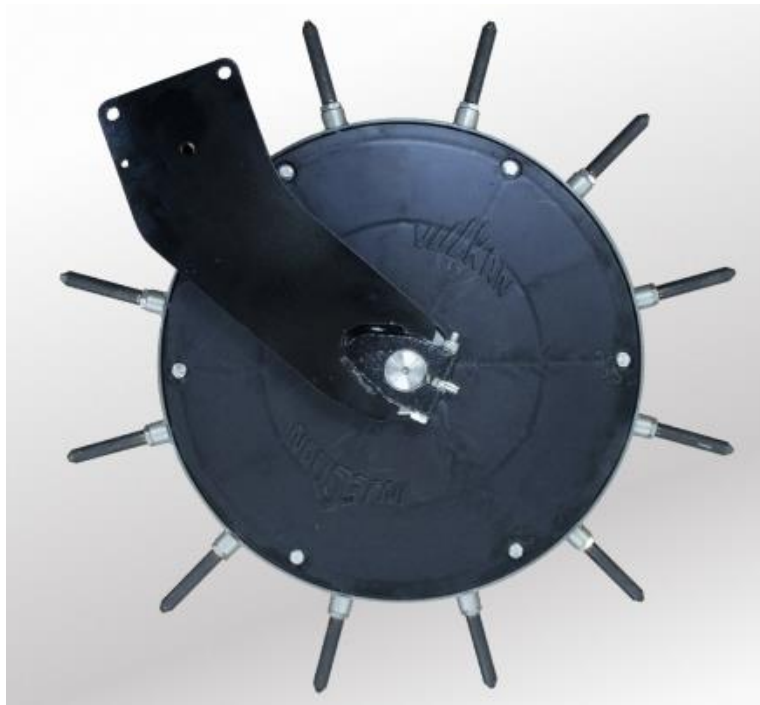


Рисунок 1 – Робочий орган агрегата інжекторного внесення рідких добрив VULKAN [https://www.velesagro.com/ua/spare_parts/spare-parts-for-vulkan-liquid-fertilizer-injection-units/469/]

Для досягнення мети роботи знаряддя спростимо до таких складових частин – вісь обертання голки (1), одинична голка (2) у різних фазах занурення в шар ґрунту, шар ґрунту (3) (рис. 2). Знаряддя поступально рухається вздовж поверхні поля з обертанням голки внаслідок взаємодії з шаром ґрунту. Процеси інжекування в цій роботі не розглядаються. Робочий торець голки та пов'язані з ним процеси також не розглядаються.



6

Результати та обговорення.

Розподілені сили реакції ґрунту, які прикладені до робочих поверхонь 2.1 та можуть бути замінені рівнодійними R_2 та R_3 . У системі діють також сили

тертя голка-ґрунт вздовж поверхні голки та сила $-R_p$ (зі знаком «мінус») на торці 4 голки 2 (в цій статті не розглядаються).

Рівняння рівноваги системи відносно миттєвого центра 2.3 обертання виглядає так:

$$R_1 l_1 - R_2 l_2 - R_3 l_3 = 0$$

Сила R_3 , яка призводить до викидання ґрунту на поверхню поля становить:

$$R_3 = R_1 l_1 - R_2 l_2 / l_3$$

Ведення в аналіз рівноваги системи поняття «точка повертання голки» та миттєвого центра обертання голки у шарі ґрунту пояснює походження явища викидання ґрунту на поверхню поля. У подальшому аналізі доцільно провести кількісну оцінку сил з урахуванням особливостей деформації ґрунту та запропонувати заходи зі зменшення розміру названого явища.

Відомі теоретичні дослідження не розглядають розподілені сили і, отже, не надають теоретичної бази для такого аналізу.

Висновки.

Попередній аналіз поділив робочу частину голки щонайменше на три функціональні частини: верхня зона робочої поверхні, спрямована по ходу руху знаряддя, нижня зона робочої поверхні голки, та зона поділу робочих зон, так звана точка повертання голки.

Навантаження на голку розподілені за її робочою довжиною та на різних ділянках мають протилежне спрямування. Такий характер спрямування супроводжується рухом ґрунту в різних напрямках та у фазі виходу голки з ґрунту призводить до викидання на поверхню поля частини ґрунту з унесеною в нього речовиною.

Наступний аналіз сил, які діють у системі, необхідно проводити з урахуванням:

- різниці в опорі ґрунту деформаціям стискання та розтягання, які виникають у фазах ущільнення та розпушення об'ємів ґрунту;
- особливостей формування критичної глибини під час занурення деформатора типу «голка» у шар ґрунту;
- сил тертя на різних поверхнях голки.

Також слід проаналізувати розподіл швидкостей різних ділянок голки відносно шару ґрунту для зменшення негативних явищ під час роботи знаряддя.

Література

1. Petrov A., Ivanayskiy S., Kanaev M., Parfyonov O. and. Ivanayskiy M.. Justification of optimal design and technological parameters of needle discs of the combined working body. BIO Web of Conferences 17, 00016 (2020) <https://doi.org/10.1051/bioconf/20201700016>

2. Конищев, А. А. 1983 Обоснование параметров рабочих органов игольчатой бороны для обработки почвы на стерневых фонах. Диссертация, Шортанды 1983.

3. Кондрашов В. А., Ковалев М. М., Перов Г. А. Исследование работы игольчатой бороны при движении по почве // Агротехника и энергообеспечение. 2018. №3 (20).

4. Хайлис Г. А. Анализ работы игл игольчатой бороны при их качении по почве / Г. А. Хайлис, М. М. Ковалев, Н. Н. Толстушко, В. В. Шевчук // Тракторы и сельхозмашины. – 2014. – № 5. – С. 25-29.

5. Шейченко В. О., Дудніков І. А., Шевчук В. В., Кузьмич А. Я. Аналітичне оцінювання взаємодії голки голчастої бороны із ґрунтом. Вісник аграрної науки Причорномор'я. – 2019. – Вип. 3. – С. 107-114.

6. Ветохін В. І., Рижкова Т. Ю., Негребецький І.С. Дослідження руху у ґрунті голок ротаційного знаряддя в ґрунтовому каналі. Техніка та технології в агропромисловому виробництві. - Полтава : ПДАУ, 2021. – С. 35-37.

URL: <http://dspace.pdaa.edu.ua:8080/handle/123456789/11182>.

7. Ветохін В. І., Рижкова Т. Ю., Негребецький І. С., Погорілий В. В., Голдибан В.В. Дослідження траєкторії взаємодії з ґрунтом голчастої ротаційної частини знаряддя для внесення добрив. Науково-технічні засади розроблення, випробування та прогнозування сільськогосподарської техніки і технологій – Дослідницьке, 2021. – С. 61-65.

URL: <http://dspace.pdaa.edu.ua:8080/handle/123456789/11093/>.

ПЕРСПЕКТИВНА ТЕХНОЛОГІЯ ЗМІЦНЕННЯ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ «ЛЕМІШ ПЛУГА» І «ЛАПА КУЛЬТИВАТОРА»

Денисенко М., канд. техн. наук, доц., mdenisenko317@gmail.com,

Дяченко П.,

Лісовський Л.,

ВСП «Немішаївський фаховий коледж НУБіП України»

Вступ. Обробка ґрунту (оранка, культивація, дискування та ін.) супроводжується високою інтенсивністю спрацювання деталей робочих органів ґрунтообробних машин. Геометрію спрацьованого леза лемеша плуга, лапи культиватора і аналогічних робочих органів сільськогосподарської техніки необхідно розглядати у граничних станах. На заміну одного робочого органу потрібно від 0,25 години до декількох годин, відповідно, можливі загальні втрати від простоїв техніки у багато разів перевищують вартість деталей, які швидко зношуються. Точкове (крапкове) зміцнення – дугове точкове зварення (ДТЗ), яке використовуємо для підвищення зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин, засновано на мікрвокрапленні твердого сплаву у структуру поверхні деталей, які зазнають інтенсивного абразивного зношування. Зміцнені ділянки лемеша плуга або лапи культиватора виступають над поверхнею лицьової сторони деталі на величину 1-3 мм та проникають в основний метал на глибину 4-6 мм, утворюючи на поверхні лицьової сторони деталі твердосплавну крапку діаметром 18-25 мм і твердістю HRC 60-65.

Чашкоподібна геометрія конусного кратера сприяє швидкому відведенню теплоти від крапки зварювання в основний метал і зовнішнє середовище, тому крапки зміцнення застигають з великою швидкістю і за короткий час. Відпрацьовані технологічні параметри крапкового зміцнення для отримання потрібної товщини і твердості поверхневого шару. Оптимальну висоту крапки зміцнення вибираємо залежно від функціонального призначення робочого органу. Крапкове зміцнення зменшує швидкість зносу та збільшує термін служби леза і носка робочих органів, а також зменшує кількість присадного матеріалу, у середньому на 40 %. Розроблену технологію зміцнення можливо використовувати

не тільки для відновлення спрацьованих робочих органів ґрунтообробної техніки, але й для зміцнення нових деталей. Екологічні і агротехнічні вимоги до технічних засобів механізації землеробства постійно зростають та вдосконалюються, особливо в царині показників, які визначають небезпечний вплив на ґрунти і, насамперед, на межі допустимого засмічення металом від прискореного зносу робочих органів і попадання продуктів спрацювання у ґрунт.

Метод ДТЗ збільшує зносостійкість робочого органу приблизно у 2-10 разів [1], а інколи і більше, залежно від наплавленого матеріалу та умов технічної експлуатації машин. Провідне місце у ремонті машин займають процеси зварювання і наплавлення, на які припадає близько 80 % усіх відновлювальних деталей.

Матеріали і методи. Основний обробіток ґрунту – це система технологічних операцій, спрямованих на утворення сприятливих умов для росту і розвитку культурних рослин та сприяння одержанню високих врожаїв. Основний обробіток ґрунту включає полицеву і безполицеву оранки, луцення, щілювання, дискування, чизелювання, культивацію, боронування, коткування та вирівнювання ґрунту.

Під час роботи більшість деталей сільськогосподарських машин зазнають динамічних навантажень, абразивного зносу та хімічного впливу зовнішнього середовища. У процесі зношування робочих органів різальні крайки затуплюються. На крайці леза і носка утворюється обернена фаска, котра негативно впливає на стійкість ходу робочих органів за глибиною, змінюється геометрія носка (рис.1), а також форма та ширина леза лапи культиватора і лемеша плугу. Затуплені леза збільшують тяговий опір, за цих умов витрати пального зростають на 15-20 %. У серійного лемеша треба виділити дві характерні зони зношування (рис.1) – носову частину 1 і лезо 2.

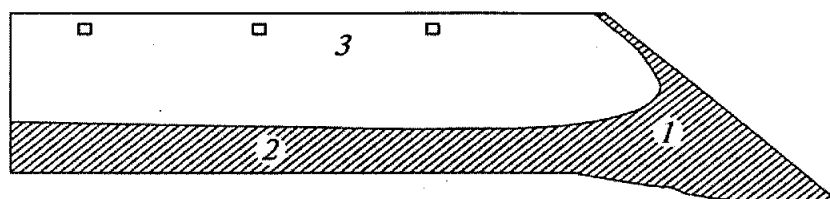


Рисунок 1 - Ділянки зносу лемеша

На відміну від оранки культивация представляє собою процес обробки більш сипкого ґрунту і це чинить значний вплив на характер зносу лап культиваторів. Зі схеми (рис.2) бачимо, що найбільша інтенсивність зносу характерна для носка лапи, в міру віддалення від носка, інтенсивність зносу різальної крайки зменшується.

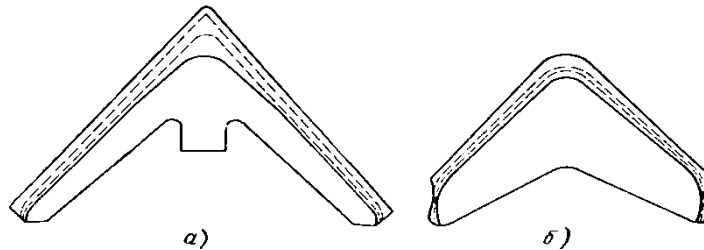


Рисунок 2 - Знос лап культиватора:

а – з захватом 270 мм; б - з захватом 150 мм

Для виготовлення змінних деталей (лемешів, лап культиваторів, дисків борін в основному виробництві використовують середньо-і високо вуглецеві сталі 40, 40Х, 65Г, Л53 і традиційні методи термічної обробки з нагріванням струмами високої частоти, котрі забезпечують твердість деталей після загартування та відпуск не більше 39-54 HRC, а показник тимчасового опору 900-1200 МПа. Імпортні деталі європейських компаній, виготовлені з високоміцних сталей, що мають показники тимчасового опору 1600-2000 МПа, з твердістю після загартування до 56 HRC, значно зменшують швидкість зношування в абразивному середовищі, але під час обробки важких ґрунтів вони також мають недостатній ресурс [2].

Мета роботи. Підвищення ресурсу робочих органів ґрунтообробних машин зміцненням дуговим точковим зваренням (ДТЗ), та утворення під час експлуатації пилкоподібного леза (на прикладі лемеша плугу, лапи культиватора).

Результати та обговорення. Середній об'єм оранки восени, яка виконується п'ятикорпусним плугом, складає 250-350 га, а на один леміш наробіток 50-70 га. Недостатній ресурс лемешів призводить до необхідності їхньої три-семикратної заміни протягом орного сезону. Виробничі випробування робочих органів проводилися в різних регіонах України на плугах ПЛН-5-35, ПНИ-8-40, трактори Т-150К. Оранка проводилася на глибину 25-27 см після збирання зернових культур. У процесі випробувань регулярно проводилися

вимірювання параметрів робочих органів і визначали величину їхнього зносу. Лемеші з точковим (крапковим) зміцненням виготовлені зі сталевого гарячекатаного профілю 142-620-Д53. Лемеші зміцнювалися порошковим дротом ПП-АН170/ПП-Нп-80Х20РЗТ/. Наплавлені ділянки представляють собою конуси проплавлення в основному металі з виходом основи конуса на лицьову поверхню деталі. Крапки зміцнення виступають над поверхнею лицьової поверхні деталі на величину 1-3 мм і проникають в основний метал на глибину 4-6 мм, створюючи на робочій поверхні твердосплавну крапку діаметром 18-25 мм і твердістю HRC 60-66.

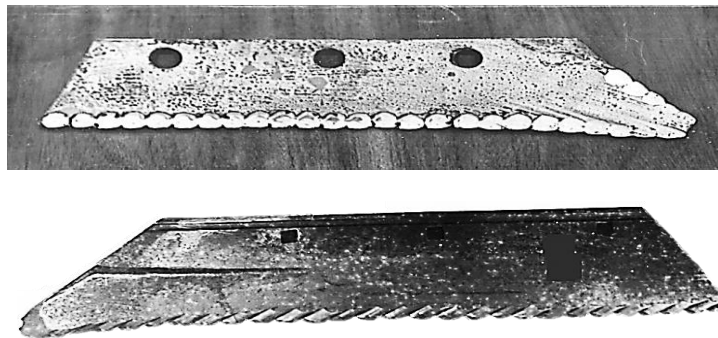


Рисунок 3 - Леміш з крапковим зміцненням після 49,1 га

У подальшій експлуатації спрацювання проходить на основному металі, на різальній крайці леза хвилястість зростає (рис. 3). Після крапкового зміцнення виготовлено зразок для проведення лабораторних досліджень (рис. 4).



Рисунок 4 - Геометрія крапки зміцнення

У наплавлених матеріалах, які використовуються для відновлення та зміцнення деталей, які експлуатуються в умовах різних видів абразивного зношування, як основні легувальні елементи використовуються такі карбідо твірні: титан, хром, ванадій, бор, вольфрам та інші [3]. Вони утворюють в структурі поверхневого шару тверді фази карбідів, карбоборидів та інших. Одним з найбільш важливих з'єднань цього типу є карбід бору B_4C , має високу твердість (третій за твердістю матеріал після алмазу і кубічного нітриду бору) з низькою

питомою вагою 2,52 г/см³ Температура плавлення карбіду бору 2450 °С; карбід бору має високу зносостійкість та хімічну інертність. Кераміка на основі В₄С використовується як різальний інструмент, шліфувальний порошок, зносостійкі покриття [4].

Основа порошкового дроту зі сталі Ст.3, бор-В₄С є у складі шихти в чистому вигляді. У процесі точкового зміцнення формується композиційна структура наплавленого шару, яка забезпечує підвищення твердості та зносостійкості, плоский шар кристалізації сприяє спрямованому зростанню дендритів.

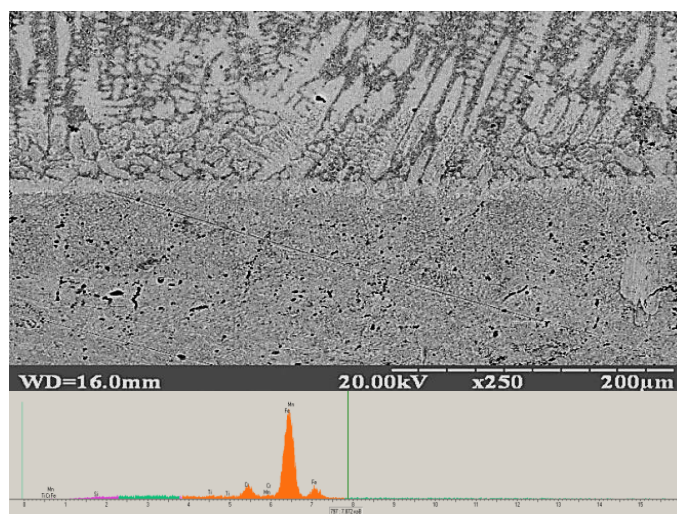


Рисунок 5 – Рентгеноструктурний і хімічний аналіз характерних ділянок крапкового покриття

Структура металу шва – первинні карбіди та суцільна боридна евтектика + мартенсит, (рис. 5) фазовий склад: матриця 60-70 % мартенсит, зміцнювальна фаза 30-40 % карбідів і боридів, наплавлений метал: 1,4-2,5 С, 10-25 Cr, Mn, B, Ni, Si.

У лінії сплавлення не утворюється кристалізаційних прошарків, а спостерігаємо плавний перехід від металу наплавлення до основного металу. Діаметр дендритних гілок від 3 до 10 мкм, матрична складова евтектика збагачена хромом до 7-8 %. Перехідна зона-покриття-основа, присутній шар на основі фериту, легованого хромом та кремнієм.

Комбінований агрегат швидкісної поверхневої обробки ґрунтів АКШ-3,6, який використовується як у традиційному, так і в ґрунтообробному землеробстві,

виконуючи за один прохід усі технологічні операції з підготовки ґрунтів під сівбу (рис. 6, рис. 7).



Рисунок 6 - Агрегат комбінований швидкісний АКШ – 3,6

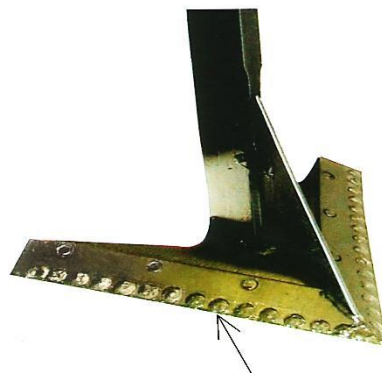


Рисунок 7 - Ніж плоскоріза (лапа культиватора) - наробіток 350-600 га, твердість крапки зміцнення HRC 60-65

Конструкція агрегата надійна і проста в експлуатації, зносостійкість ножів плскоріза, зміцнених за технологією, розробленою науковцями Інституту електрозварювання ім. Є. О. Патона НАН України становить 350-600 га. Технологічні параметри точкового зміцнення ДТЗ (дугового точкового зварювання) відпрацьовані для таких робочих органів ґрунтообробних машин: лемешів, доліт, полиць плугів зі сталі 65Г, польових дощок, боковин, доліт культиваторів зі сталі 45, лап та ножів культиваторів, доліт і наральників плугів зі сталі 65Г, грудин відвалів з тришарової сталі. [5].

Використання самозахисного порошкового дроту ПП-АН170, ПП-АН170М, ПП-АН170М2 та інших марок завтовшки 1,2-3,2 мм для механізованого зварювання в захисному газі або відкритою дугою найбільш ефективна у польових умовах. Залежно від етапу ДТЗ, товщини з'єднуваних деталей та діаметра порошкового дроту приймаємо такі характеристики: сила зварного струму 150-500 А, напруга на дузі 30-50 В, тривалість зміцнення 1,5-3 сек., пробивна напруга 4000-8000 В, джерело живлення: випрямлячі типу ВДУ 300, 516 або ВС-650СР, пристрій підпалу дуги – УПД-315 для збудження дуги в момент дотику електроду з виробами [6].

Висновки. Відносна зносостійкість за вагою зміцненого лемеша у 2,2 раза вище серійного, а відносна зносостійкість носка у 2,8 раза вища серійного.

Порівняно з виробами вітчизняних і закордонних виробників, лапи культиваторів з точковим зміцненням мають ресурс у 2-3 рази вищий.

Література

1. Еремеев А. В. Материалы для повышения износостойкости рабочих органов /V Международная научно-практическая конференция «Инновационные технологии и экономика машиностроения» Труды НИТПУ. г. Юрга. 2012. –С.319-321.
2. Ткачев В. Н. Работоспособность деталей машин в условиях абразивного изнашивания. – М.: Машиностроение, 1995. – 336 с.
3. Рябцев И. А. Структура и износостойкость при абразивном изнашивании наплавленного металла, упрочненного карбидами различных типов / И.А.Рябцев, А. И. Панфилов, А. А. Бабинец, И. И. Рябцев, Г. Н. Горданы, И.Л.Бабийчук // Автоматическая сварка. – 2015. - №5-6. – С. 84-88.
4. Кислый П. С., Кузенкова М. А.,Боднарук Н. И. Карбид бора. – К.: Наукова думка, 1988. – 216 с.
5. Клюенко В. Н. Точечное упрочнение рабочих органов почвообрабатывающих машин / В. Н. Клюенко, В. П. Палан // Тракторы и сельскохозяйственные машины, 1989. №11. – С.54-57.
6. Денисенко М. І. Підвищення довговічності робочих органів ґрунтообробних машин з використанням точкового зміцнення / М. І. Денисенко., В. І. Рубльов // Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету. В.24 Кіровоград: КНТУ, 2011. – С. 28-35.

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ КРАПКОВОГО ЗМІЦНЕННЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ҐРУНТООБРОБНИХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

Денисенко М., канд. техн. наук, доц., mdenisenko317@gmail.com,

Кривенко О.,

Райнич Є.,

ВСП «Немішаївський фаховий коледж НУБіП України»

Вступ. Якість обробітку ґрунту, поряд з іншими факторами інтенсифікації землеробства, має велике значення для зростання врожайності сільськогосподарських культур і напряду залежить від технічного стану робочих органів ґрунтообробних машин. Леміш плуга є однією з найбільш навантажених і швидкозношуваних деталей ґрунтообробних знарядь, середній наробіток на відмову якого, залежно від видів ґрунтів, коливається від 5 до 20га. Скажімо, у багатьох господарствах півдня та сходу України, де на полях переважають супіщані ґрунти, нерідко на плугах можна бачити лемеші, на носовій частині яких окремі ділянки протерті наскрізь. [1, с.7].

Щорічна потреба в робочих органах ґрунтообробних машин в Україні складає: у лемешах – 3,5 млн. шт., у лапах культиваторів – 4,8 млн. шт., у полицях – 1,5 млн. шт., у польових дошках – близько 1,0 млн. шт.

Метою роботи є забезпечення довговічності поверхонь тертя робочих органів ґрунтообробних машин дуговим крапковим зварюванням (ДТЗ) плавким електродом – порошковим дротом без наступної термічної обробки експонента.

Матеріали і методи. Зношування деталей – це процес руйнування їхнього поверхневого шару під час тертя, внаслідок чого поступово змінюються їхні розміри, форма і стан робочих поверхонь. У міру зростання наробітку, стан деталей, які зношуються, безперервно змінюється і стає граничним за одним або декількома параметрами, які впливають на функційні якості. Сучасні дослідження показують, що для ефективного обробітку ґрунтів необхідно забезпечити міцність основного металу змінних деталей робочих органів ґрунтообробних машин замість 500-00 МПа, повинна дорівнювати не менше 1500-1800 МПа. Це

необхідно для виключення деформацій і поломок деталей. Ударна в'язкість повинна відповідати значенням не менше 0,8-1,3 МДж/м², а для зменшення інтенсивності абразивного зношування необхідно забезпечити максимальну твердість поверхні на рівні 65-70 HRC. Такі значення міцності, ударної в'язкості і твердості, триботехнічні властивості, і відповідно працездатність матеріалу під час виготовлення змінних деталей традиційними технологіями не забезпечуються (загартування СВЧ, об'ємна термообробка, термічне оксидування, плазмове напилювання, детонаційні покриття). Інтенсивність зношування таких деталей досягає 0,3 мм/км [2].

Результати та обговорення. Процеси утворення часток зношування під час тертя є однією з найважливіших проблем, успішне рішення якої дає передумови для встановлення механізму руйнування поверхонь та побудови розрахункової моделі. Під терміном абразивний знос розуміють руйнування поверхонь тертя під впливом твердих частинок, які є в зоні тертя. Ці частинки гранично зміцнені і можуть або вільно рухатися в зоні тертя, або втілюючись в один із елементів пари тертя, діють як мікро нерівності [3], а сам механізм зношування може змінюватися від пружного передеформування до найбільш небезпечного – мікрорізання. Дослідження питання підвищення довговічності робочих органів ґрунтообробних сільськогосподарських машин присвячені праці В. П. Горячкіна, М. М. Севернєва, Г. П. Каплун, Г. Н. Синєокова, Д. Б. Берштейна, Є. Д. Брауна, М. М. Хрущова, М. М. Тененбаума, А. Ш. Рабіновича, Б. І. Костецького, І. В. Крагельського, В. М. Ткачова, А. І. Бойка, А. С. Кушнарьова, С. Д. Лехмана, В. Д. Гречкосія, С. М. Волощенко, О. В. Зазимко та багатьох інших дослідників.

Комплекс потрібних фізико-механічних властивостей забезпечує крапкове зміцнення – дугове точкове зварювання плавким електродом – порошковим дротом без наступної термічної обробки експонента, технологія зміцнення, яка є оптимальною за параметрами універсальності, екологічності і економічної ефективності [5]. Форма лемеша плуга, його конструкційні особливості значно впливають на стійкість цих робочих органів проти спрацювання і на їхню довговічність. Метал у носовій частині зберігається довше. Для зниження витрат

на виконання зварних операцій, попередження короблення деталей у практиці підвищення опору абразивному зношуванню робочих поверхонь деталей все ширше використання набувають технології «плямового» зміцнення, тобто наплавлення спрацьованої поверхні одиничними валиками, які не перекриваються [2]. Сформульовані вимоги для реалізації ефекту самозагострювання показують, що найбільшу увагу слід зосередити на співвідношенні товщини зміцненого і несного шарів, їхньої міцності, триботехнічних характеристик та на створення умов мінімізації радіусу кривизни різальної кромки в процесі тертя і абразивного зношування.

Подібні умови взаємодії різальних деталей спостерігається під час ковзання по твердій основі борозни плужних лемешів, лап культиваторів, ножів фрез та інших аналогічних деталей ґрунтообробних машин. Рух може бути обертальним або поступним. Оскільки вістря леза в перерізі приймає радіальну форму, то роботоздатність леза можна оцінювати за величиною радіусу затуплення різальної кромки. Граничний радіус затуплення, за якого лезо підлягає загострюванню, залежно від умов експлуатації, може змінюватися від декількох мікрон (наприклад, у різальних пар стригальних машинок), до міліметра (наприклад, у лемешів). Тому геометричні параметри леза лемеша потрібно вибирати з урахуванням певних умов, які забезпечують тривалу працездатність деталі. Треба зауважити, що деякі дослідники, обґрунтовуючи вибір геометрії лез, вважають необхідним виконувати тільки одну умову – правильно розраховувати співвідношення товщини твердого та м'якого шарів. Причому стверджують, що двошарові леза є найбільш раціональними.

Працездатність різальних деталей сільськогосподарської техніки забезпечується такими умовами:

I. Радіус затуплення R різальної кромки в процесі роботи леза не повинен перевищувати допустимого R_d , який обумовлено нормальним протіканням технологічного процесу різання робочої маси. Звідси виходить, що гранична товщина затупленого леза $\delta \leq 2R_d$. Отже, щоб забезпечити нормальну експлуатацію різальної деталі, яка виключає періодичне загострювання леза,

необхідно створити такі умови, за яких радіус затуплення різальної кромки до повного зносу леза не перевищує $2R_d$. Цього можна досягти декількома способами:

а) зменшенням конструктивної товщини однорідного леза до величини $2R_d$

б) використанням двошарових або тришарових лез. У цих випадках товщина твердого шару повинна відповідати нерівності:

$$\delta_m \leq 2R_d.$$

Це основна умова самозагострювання двошарових або тришарових лез.

II. Товщина м'якого шару δ_m двошарового і тришарового леза повинна бути мінімально можливою, забезпечуючи необхідне підвищення міцності твердого шару

$$\delta_m = \delta_n k_n,$$

k_n – коефіцієнт міцності твердого сплаву, який може залежно від властивостей ґрунту і твердого сплаву змінюватися в широких межах. Для однорідних сталевих лез $k_n = 0$; для лез наплавлених сормайттом $k_n = 1,0 \div 1,8$; для тонких лез різальних деталей $k_n = 10 \div 100$.

Звідси, як наслідок, м'якого шару за високої міцності твердого зносостійкого шару може не бути зовсім. У цьому випадку однорідне лезо завтовшки менше $2R_d$ зможе нормально виконувати технологічні функції.

III. Твердість твердого шару H_m повинна бути у відповідному відношенні до твердості м'якого шару

$$H_m = kH_n,$$

де k – коефіцієнт, який залежить від абразивних властивостей робочої маси; величина його може змінюватися в межах 3-5 (для робочих органів ґрунтообробних машин).[3]. Твердість матеріалу лез необхідно розглядати як приблизний критерій оцінки зносостійкості, який може бути встановлено без проведення тривалих випробувань.

IV. Зміцненню, як правило, повинна підлягати та грань (поверхня) леза, яка зазнає найменшого зносу. Якщо ця умова не буде виконана, то інтенсивність

зносу твердого і м'якого шарів може вирівнятися, що неминуче призводить до затуплення леза.

У нашій роботі для зміцнення леза лемеша використовується дугове точкове зварювання (ДТЗ) порошковим самозахисним дротом – плавким електродом марки ПП-АН170 (Нп-80Х20Р3Т), або ПП-АН170М (ПП-Нп-150Х15Р3НЗ), ПП-АН192 (діаметр електрода 2,6-3,2 мм), із системою легування С-Сr-Мо-В-V-Ti. За ДТЗ особливе значення набуває визначення моменту дійсного збурення дуги. Пояснюється це тим, що під час зварювання плавким електродом дуга не завжди починає горіти з першого торкання і це чинить суттєвий вплив на розміри точок зміцнення, які виконуються на одному режимі. Цикл постановки однієї точки зміцнення відбувається за 0,5-2,0 секунд на експоненті (рис. 1, 2).

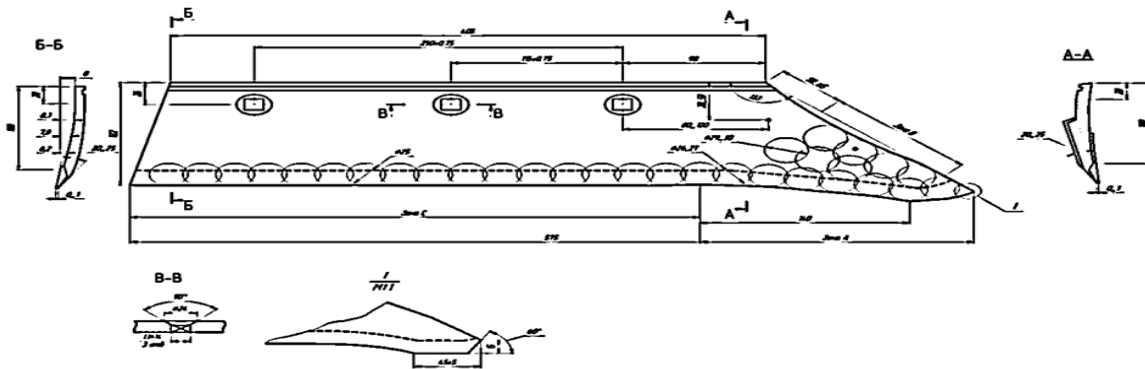


Рисунок 1 – Дугове крапкове зварювання (ДТЗ) лемеша плуга

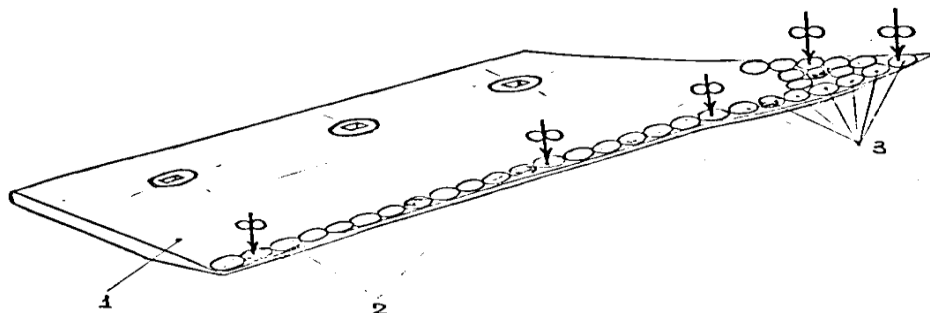


Рисунок 2 – Структурна схема постановки крапок зміцнення лемеша плуга ПНЧС 01-702 на зварній установці УД-386 у складі автоматичної лінії У 1062;

1 – деталь, яка зміцнюється; 2 – зварні головки зварної установки УД 386 (5 одиниць);

3 – дугові точкові шви, виконані на одній установці УД-386 (7 одиниць)

Цикл ДТЗ можна розділити на такі етапи, які відрізняються за своїм технологічним і параметром режиму зміцнення [5]: 1) нагрівання поверхні деталі і порошкового дроту в місці точки зміцнення; 2) пропалювання і проплавлення

підкладки; 3) заварювання точкового шва. Отвір у підкладці заповнюється розплавленим металом порошкового дроту; 4) заварювання кратера точки зміцнення. Залежно від етапу ДТЗ, товщини деталей і діаметра порошкового дроту параметри точкового зміцнення приймаються такі: швидкість подачі порошкового дроту 30-700 м/год., сила зварного струму 150-800 А, напруга на дузі 30-50 В, цикл (тривалість) постановки точки зміцнення 0,5-2,0 секунд. Кут загострення леза спричиняє більший вплив на процес різання і якість зрізання шару ґрунту. Із втратою лезом початкової форми зростає опір ґрунту і різко знижується якість роботи. Найбільш усталено в результаті самозагострювання утворюється хвилясто-ступеневе лезо, стійкість ходу ґрунтообробних машин є сталою. Найбільш суттєво ефект самозагострювання можна отримати, якщо підкладкою (основа деталі) треба використовувати сталь якісну конструкційну марок: сталь 20, сталь 35 по ДСТУ 3684-98; ТУУ 27.1-4-531-2002.



Рисунок 3 – Мікроструктура крапкового покриття на сталі 65Г, х320



Рисунок 4 – Мікроструктура покриття зі сплаву ПГ-С27, ПГ-С27, Х320

Структура точкового покриття (рис. 3, 4) складається з мартенситу, залишкового аустеніту і карбідів. Спостерігається виділення великої кількості нітридів. Твердість наплавленого металу покриття висока і дорівнює 60-65 HRC. Суттєве підвищення твердості спостерігається поблизу лінії сплавлення. На лінії сплавлення не утворюється кристалізаційних прошарків, а утворюється плавний перехід від металу покриття до основного металу (рис. 4) Борида розподілені на границях кристалізаційних ділянок і дають твердість, і зносостійкість. Наплавлений метал має меншу схильність до розтріскування, немає сколювання під час сильних ударів.

Висновки

Удосконалення технології зміцнення лез робочих органів ґрунтообробних машин крапковим зміцненням без наступної термічної обробки експонента є одним з перспективних методів в умовах окислювального і абразивного зношування.

Література

1. Канівець І. Д. (1965). Підвищення довговічності робочих органів сільськогосподарських машин. Видавництво «Промінь» Дніпропетровськ. – 64 с.
2. Машиностроение. Энциклопедия./Ред. совет: К. В. Фролов и др.- Машиностроение. Сельскохозяйственные машины. Т.4./И. П. Кнесевич, В. П. Варнаков, Н. Н. Колчин и др.; под ред. И. П. Кнесевича. – М., 2002. – 720 с.
3. Ткачев В. Н. (1971). Износ и повышение долговечности деталей сельскохозяйственных машин. Машиностроению. – 264 с.
4. Денисенко М. І. (2014). Підвищення довговічності швидкозношувальних деталей робочих органів машин шляхом нанесення дискретного покриття на їх поверхні тертя. Науковий вісник Національний університет біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. К. Вип.196, ч.1. – С.245-259.
5. Терещенко В. И., Шаровольский А. Н., Сидоренко К. А., Трошин В. А.К. (1983). Особенности дуговой точечной сварки плавящимся электродом. Автоматическая сварка. № 9. – 51-53 с.

МАШИНА ДЛЯ ВИДАЛЕННЯ ШКІРКИ З ПЛОДІВ ГАРБУЗА

Налобіна О., д-р. техн. наук, проф., o.o.nalobina@nuwm.edu.ua,

Шимко А., канд. техн. наук, a.v.shymko@nuwm.edu.ua,

Бундза О., канд. техн. наук, доц., o.z.bundza@nuwm.edu.ua,

Голотюк М., канд. техн. наук, доц., m.v.holotiuk@nuwm.edu.ua,

Національний університет водного господарства та природокористування.

Вступ. В останні роки спостерігається тенденція до широкого застосування баштанної культури – гарбуз у харчовій та фармацевтичній галузях. Зокрема додавання насіння та м'якуша у вироби дитячого харчування, хлібобулочні і кондитерські вироби підвищує їхню енергетичну цінність, привабливість для споживачів і, враховуючи корисність і оригінальність виробів, робить їх конкурентоздатними [1, 2, 3].

Аналіз сучасних доступних літературних джерел показав, що нині використовуються всі частини плоду гарбуза та відходи їхньої переробки [4, 5]. Зокрема, шкірка використовується для виготовлення кормової муки, субстрату для культивування лактобактерій. Насіння використовують як посадковий матеріал, для виготовлення борошна, олії. М'якуш використовують для виготовлення пюре, снєків, макаронних виробів, кондитерських виробів, соків, каротиномістких екстрактів, супів.

З урахуванням підвищеного попиту на насіння та м'якуш гарбуза зростає потреба в його вирощуванні, розвитку машин і механічних засобів для збирання та первинної обробки плодів. Особливу складним є процес очищення шкірки гарбуза, яка характеризується твердою і щільною структурою.

Найчастіше видалення шкірки виконується із застосуванням ручної праці, що веде до низької продуктивності і зростання їхньої собівартості.

Вирішення задачі механізації процесу очищення шкірки гарбуза є актуальною і потребує вирішення.

Мета роботи. Розроблення конструкції машини для механізованого очищення шкірки гарбуза.

Матеріали та методи. В основу дослідження покладено аналіз літературних джерел і патентної інформації з питання механізації процесів зняття шкірки з плодів гарбуза [6, 7, 8, 9,10] з використанням впливів різного характеру:

- механічного;
- хімічного;
- комбінованого.

За умови застосування механічного впливу авторами, в основному, передбачено застосування щіткових робочих органів, які, на наш погляд, не можуть забезпечити видалення шкірки.

Шкірка має достатньо високу твердість, тому процес її поступового стирання завдяки взаємодії із щітковими барабанами є мало продуктивним і енерговитратним.

Застосування ж хімічних впливів на плоди потребує додаткових витрат на приготування розчинів та значної витрати води для промивання плодів. Крім того, необхідним є проведення додаткових досліджень із виявлення змін структури м'якуша плодів після хімічної обробки.

Аналіз різних способів впливу на шкірку гарбуза та робочих елементів машин, призначених для її очищення, класифікує отримані елементи інформації за альтернативним набором категорій та здійснює паралельну роботу над ними для отримання декількох варіантів вирішення поставленої задачі – розроблення конструкції машини для зняття шкірки гарбуза. Отже, отримане конструкторське рішення, яке відповідає поставленій вимозі, забезпечення зняття шкірки гарбуза з достатньо високою продуктивністю.

Результати та обговорення. Розглянемо рисунок 1, де зображено схему машини для видалення шкірки плодів гарбуза. Машина складається з корпусу машини 2, в якому встановлено транспортер 1. Попередньо розрізані навпіл куски плодів викладають на транспортер 1 і вони просуваються в простір між

підпружиненим роликом 3 і очищувальним робочим органом 4, який має індивідуальний електропривод.

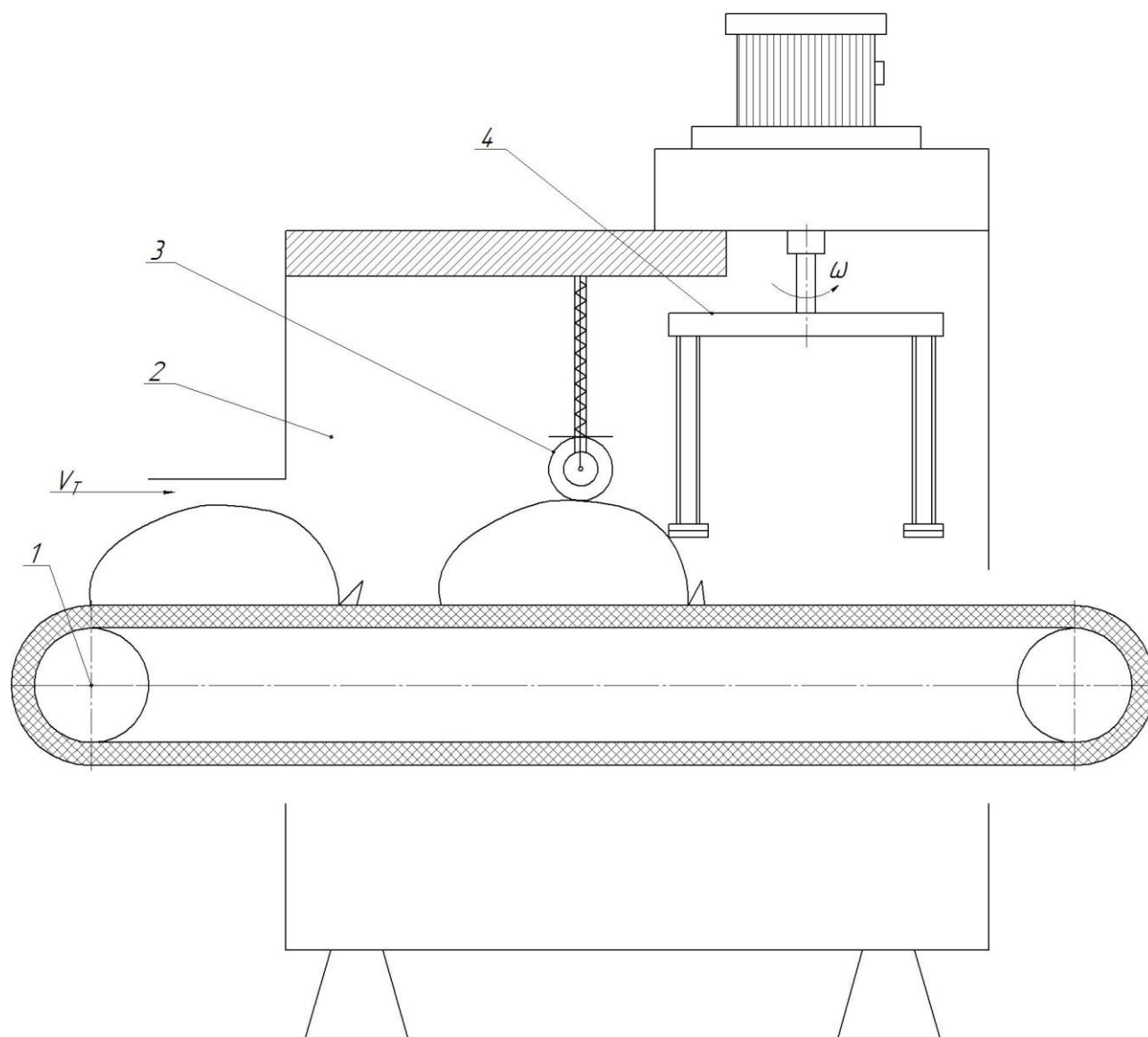


Рисунок 1 – Схема машини для очищення шкірки гарбуза

Робочий орган – диск, який обертається. На диску закріплені пружно-деформовані підвіси, які розташовані концентричними колами. На кінці кожного підвісу закріплено різальні елементи ножового типу. Для підвищення продуктивності процесу зрізування шкірки різальний елемент слід виконувати видовженим і закріпляти до одного підвісу з кожного ряду.

У рядах підвіси зміщені для забезпечення потрібного скосу різальної крайки в процесі зрізування шкірки. Крім того, таке кріплення дещо гасить

крутний момент завдяки одночасного закручування обох підвісів, які можна розглядати як торсіони, здатні накопичувати та віддавати енергію.

Взаємодія робочого органу зі шкіркою залежить від багатьох факторів, зокрема: товщини шкірки, її твердості, форми плода, швидкості обертання різців, швидкості руху стрічки транспортеру.

Розглянемо основні параметри робочого органу (рис.2).

До основними параметрів віднесемо: r_d – радіус верхнього диска; a – крок розташування різців на диску; β – кут різання; α – кут закріплення підвісів на диску.

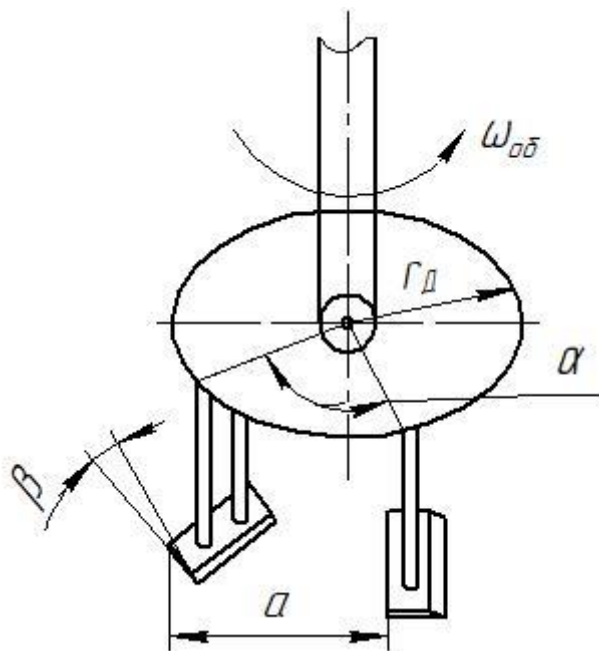


Рисунок 2 – Схема різального робочого органу

Кут закріплення підвісів визначається:

$$\alpha = \frac{2\pi}{n}, \quad (1)$$

де n – кількість різців.

Маса шкірки, яка буде зрізуватись за час проходження різцем шляху, який дорівнює кроку розташування різців на диску визначиться:

$$m_a = \Delta \cdot h \cdot \rho \cdot a, \quad (2)$$

де Δ - ширина шару, який зрізується;

ρ – щільність шкірки;

h - товщина шкірки, зрізана одним різцем;

a - крок розташування різців на диску.

Крок a відповідно визначиться:

$$a = \frac{2\pi r_{\text{Д}}}{n}. \quad (3)$$

Оскільки плід вкладається на стрічку транспортеру, ширина його полотна повинна обиратись із умови

$$b \geq 2D_{\text{max}}, \quad (4)$$

де D_{max} – максимальний діаметр плоду.

На полотні розташовуються обмежувачі – прутки. Відстань між ними вибирається із умови

$$l_{\text{п}} \leq h_{\text{г}}, \quad (5)$$

де $h_{\text{г}} = 0,5H_{\text{г}}^{\text{max}}$, тут $H_{\text{г}}^{\text{max}}$ – максимальна висота плоду, см.

Під час взаємодії робочого органа з плодом через нерівність останнього контакт відбувається не з усіма різцями. Різці нахиляються в бік, протилежний напрямку руху стрічки транспортера.

Як показали виконані нами експериментальні дослідження, найбільш щільний і високий шар шкірки буде у середній частині плоду, найбільш тонкий – у зоні квітколожа, товщина шкірки в зоні плодоніжки має середні значення.

Сумарний момент сил опору, які виникають у процесі очищення шкірки:

$$\sum_{j=1}^n M_j = M_{\text{тер}j} + M_{pj}, \quad (6)$$

де $M_{\text{тер}j}$ – момент сил тертя шкірки об леза j -го різця;

M_{pj} – момент сил опору шкірки різанню на ділянках ББ, ВВ і АА.

За цих умов момент опору різанню

$$M_p = \sum_{j=1}^n \frac{F_{\text{р}}^{\text{пит}} \cdot \Delta \cdot b \cdot r_{\text{Д}}}{\sin \beta}, \quad (7)$$

де b – товщина стружки шкірки, мм;

$F_{\text{р}}^{\text{пит}}$ – питома сила різання, Н/мм².

Момент сил тертя

$$M_{\text{тер}} = \sum_{j=1}^n F_{zj} \cdot r_{\text{Д}} \cdot f_{\text{тер}}, \quad (8)$$

де F_{zj} – вертикальна складова сили різання;

$f_{\text{тер}}$ – коефіцієнт тертя леза по шкірці.

Потужність, яка необхідна для роботи різального робочого органу

$$N = \sum_{j=1}^n M \cdot \omega, \quad (9)$$

де ω – кутова швидкість обертання різального робочого органу, с^{-1} .

Продуктивність за годину роботи машини

$$\Pi_{\text{год}} = 2V_T \cdot r_D \cdot h \cdot \rho, \quad (10)$$

де V_T – швидкість переміщення транспортера.

Висновки. Запропоновано конструкцію машини для очищення гарбуза від шкірки, яка містить робочий орган – диск, на якому закріплено пружні підвіси з жорстко закріпленими різальними елементами ножового типу.

Встановлено залежності для визначення основних конструкційних і силових характеристик робочого органу.

Література

1. Nawirska-Olszańska A., Biesiada A., Anna Sokół-Lętowska A., Kucharska, A. Z. (2011). Content of Bioactive Compounds and Antioxidant Capacity of Pumpkin Puree Enriched with Japanese Quince, Cornelian Cherry, Strawberry and Apples. Acta Scientiarum Polonorum, Technologia Alimentaria. Vol. 10(1). P. 51-60.
2. Шовкомуд О. В., Мартинюк В. Л., Гунчик Р. В. (2019). Аналіз технологій та технічних засобів збирання гарбузів. Сільськогосподарські машини. Луцьк. № 42. – С. 122-132. DOI: <https://doi.org/10.36910/agromash.vi42.185>
3. Shamaail A. Saewan Saher S. George.(2020). Preparation of Pumpkin Pulp and Peel Flour and Study Their Impact in the Biscuit Industry. Journal of Biology, Agriculture and Healthcare. Vol. 10(6). P.25-33. DOI:[10.7176/JBAH/10-6-05](https://doi.org/10.7176/JBAH/10-6-05)
4. Sharma P., Kaur G., Kehinde B. A., Chhikara N. et al. (2020). Pharmacological and biomedical uses of extracts of pumpkin and its relatives and applications in the food industry. International Journal of Vegetable Science. Vol. 26 (1). P. 79–95. DOI: <https://doi.org/10.1080/19315260.2019.1606130>.
5. Genevois C., Flores S., de Escalada Pla M. (2016). Byproduct from pumpkin (Cucurbita moschata Duchesne ex poiret) as a substrate and vegetable matrix

to contain *Lactobacillus casei*. Journal of Functional Foods. Vol. 23. P. 210–219. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2016.02.030>.

6. Пуць В. С., Данилюк А. М., Маркова О. В.(2019). Аналіз механічних засобів для видалення шкірки з плодів гарбуза. Сільськогосподарські машини. Луцьк. № 42. – С. 82-90.

7. Шапров М. Н., Сёмин Д. В. (2004). Машина для удаления коры с поверхности плодов тыквы. Международная научно - практическая конференция „Актуальные проблемы развития АПК" посвященная 60-й годовщине Победы в Великой Отечественной войне, м. Волгоград. – 103 с.

8. Emadi, Bagher and Yarlagaadda, Prasad KDV. (2006). Peeling pumpkin using rotary cutter. In Brito, Claduo and Ciampi, Melany, Eds. Proceedings 2nd Global Congress on Manufacturing and Management, Santos, Brazil, pp. 114-118.

9. Машина для удаления коры с плодов, преимущественно тыквы: пат. 2266028 РФ: А 23 N 7/00. № 2004122486713; заявл. 22.07.2004; опубл. 20.12.2005, Бюл. № 35. – 6 с.

10. Машина для удаления коры с плодов, преимущественно тыквы: пат. 2266693 РФ: А 23 N 7/00. № 2004122487/13; заявл. 22.07.2004; опубл. 27.12.2005, Бюл. № 36. – 6 с.

КОЕФІЦІЄНТИ ОПОРУ КОЧЕННЮ І ЗЧЕПЛЕННЯ МОТОБЛОКА “МОТОР СІЧ МБ-6Д”

Шевчук В., канд. техн. наук, доц., shevtyk@meta.ua,

Сукач О., канд. техн. наук, доц., 19oleg85@ukr.net,

Шевчук Р., д-р. с.-г. наук, доц., rshevchhook@i.ua,

Львівський національний університет природокористування

Вступ. Тяговий потенціал мотоблока, окрім потужності двигуна, визначається тяговим зусиллям та коефіцієнтом зчеплення, від якого залежить режим роботи за допустимого буксування тягових коліс. Узагальненим показником ефективності використання тягових мобільних засобів є їхній тяговий коефіцієнт корисної дії [1], який визначається коефіцієнтами опору коченню і зчеплення рушіїв з опорною поверхнею. Для належної оцінки технічного рівня мобільних тягових засобів необхідне дослідження коефіцієнтів опору коченню і зчеплення на різних типів опорних поверхонь.

Мета роботи – підвищення точності визначення коефіцієнтів опору коченню і зчеплення мотоблока “Мотор Січ МБ-6Д” використанням, розробленим у Львівському національному університеті природокористування пристроєм для визначення тягово-зчіпних показників мобільних енергетичних засобів [2] у різних умовах – ґрунтова суха дорога, цілина і переліг, скошений луг, стерня колосових культур, злежана оранка, зоране поле, а також поле, підготоване до сівби.

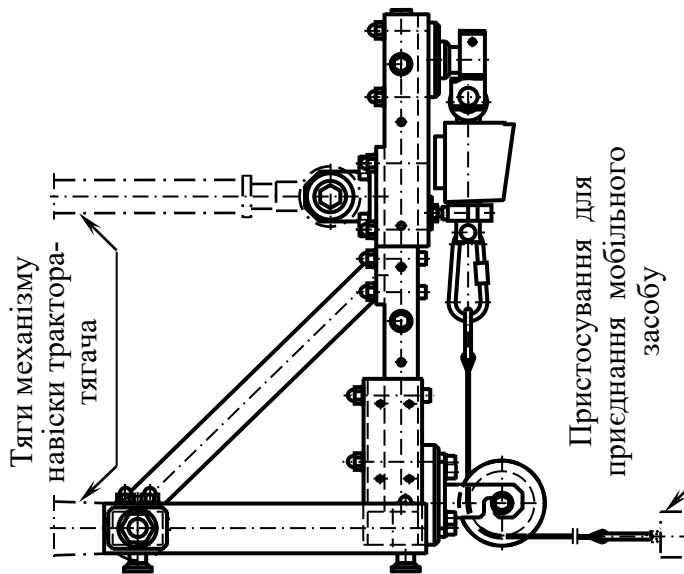
Матеріали і методи. До основних способів визначення коефіцієнтів опору коченню і зчеплення відносять вибіг та буксирування. У випадку дослідження тягових мобільних засобів доцільно використовувати спосіб буксирування, який передбачає номінальну швидкість випробування в межах 2-5 км/год. цей спосіб найкраще відповідає режиму руху агрегата по полю під час виконання технологічних операцій [3].

Використання мотоблоків в індивідуальних селянських господарствах і на присадибних ділянках стрімко зростає [4], незважаючи на невелику продуктивність та обмежену раціональну площу обробітку - до 4 га. Серед наявних конструкцій мотоблоків вагома частка ринку належить українському виробнику “Мотор Січ”, який характеризується відмінною якістю та ергономікою, що полегшує умови праці оператора. Тому дослідження коефіцієнтів опору коченню і зчеплення, як критеріїв оцінки тягового потенціалу мотоблока, є актуальні й вагомими для подальшого підвищення ефективності їх використання.

Для дослідження експлуатаційних характеристик мобільних енергетичних засобів у Львівському національному університеті природокористування розроблено пристрій [5] для визначення їхніх тягово-зчіпних показників (рис. 1а). Цей пристрій можна використовувати у лабораторних умовах (рис. 1б), застосовуючи тягову електричну лебідку або ж у польових умовах – за допомогою трактора-тягача (рис. 1в). Висока точність визначення коефіцієнтів опору коченню і зчеплення мотоблоків досягається завдяки використанню електронного динамометра, який шарнірно з’єднаний з пристроєм, але обмежене його відхилення від вертикалі нівелює інерційну складову коливання елементів обладнання під час вимірювання тягового зусилля.

Перед визначенням коефіцієнтів опору коченню і зчеплення досліджуваний мотоблок, на якому змонтоване пристосування для приєднання й буксирування мотоблока, встановлюється на горизонтальній ділянці тієї чи іншої опорної поверхні. Точка приєднання лежить у поздовжньо-вертикальній площині симетрії мотоблока, до якого під’їжджає трактор-тягач з навішеним розробленим пристроєм для визначення тягово-зчіпних показників (рис. 1 в). Поздовжньо-вертикальна площина симетрії трактора-тягача збігається з такою ж площиною пристрою і, зокрема, віссю вертикальної ділянки гнучкого буксирного паса та досліджуваного мотоблока [5]. Гідросистемою трактора-тягача переміщається навішений пристрій і зупиняється в положенні, в якому горизонтальна ділянка гнучкого буксирного паса розташовується на однаковій висоті з точкою

приєднання досліджуваного мотоблока, а потім сполучається з цією точкою вухом горизонтальної ділянки буксирного паса.



a



б



в

Рисунок 1 - Пристрій для визначення тягово-зчіпних показників мобільних засобів: *a* – схема пристрою; *б* – фрагмент лабораторних випробувань; *в* – фрагмент випробувань за допомогою трактора-тягача

У випадку визначення коефіцієнта опору коченню важіль перемикавання передач мотоблока встановлюється в нейтральне положення і розгальмовується

рушій. Вмикається електронний динамометр пристрою, трактор-тягач починає прямолінійний рух з постійною невеликою швидкістю, яка не перевищує 5 км/год, буксуючи приєднаний мотоблок, який підтримується за рукоятки оператором. Фіксується ряд значень зусилля буксування, вимірюваного електронним динамометром, і на їх підставі розраховується середнє значення $P_{кб.ср(f)}$ (Н) зусилля буксування досліджуваного мотоблока

$$f = \frac{P_{кб.ср(f)}}{G_k} = \frac{P_f}{G - G_p}, \quad (1)$$

де G_k і G_p – частини сили тяжіння мотоблока G (Н), які припадають на колеса і руки працівника, який обслуговує мотоблок, Н; P_f – сила опору коченню, яка дорівнює $P_{кб.ср(f)}$.

Якщо ж визначається коефіцієнт зчеплення φ , буксується досліджуваний мобільного засіб, у якого колеса заблоковані й можуть лише ковзати по опорній поверхні. На підставі отриманих середніх значень зусилля буксування $P_{кб.ср(\varphi)}$ (Н) розраховується коефіцієнт зчеплення:

$$\varphi = \frac{P_{кб.ср(\varphi)}}{G - G_p}. \quad (2)$$

Результати та обговорення. Встановлені значення коефіцієнтів опору коченню і зчеплення на різних опорних поверхнях наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Коефіцієнти опору коченню f і зчеплення φ мотоблока “Мотор Січ МБ-6Д”

Опорна поверхня	f	φ
Ґрунтова суха дорога	0,0623	0,683
Цілина, переліг	0,0791	0,602
Скошений луг	0,0994	0,574
Стерня колосових культур	0,1056	0,531
Злежана оранка	0,1378	0,403
Зоране поле	0,1841	0,395
Поле, підготоване до сівби	0,1817	0,389

Для підвищення тягових можливостей мотоблока варто використовувати додаткові баластні вантажі або ж легкознімні додаткові пристосування, які накладаються на колеса, наприклад ланцюги і т.п.

Висновки. Розробленим пристроєм для визначення тягово-зчіпних показників мобільних засобів встановлені з високою точністю коефіцієнти опору коченню і зчеплення мотоблока “ Мотор Січ МБ-6Д ” на таких опорних поверхнях, як ґрунтова суха дорога, цілина і переліг, скошений луг, стерня колосових культур, злежана оранка, зоране поле, а також поле, підготоване до сівби.

Література

1. Водяник І. І. (1994). Експлуатаційні властивості тракторів і автомобілів. Київ: Урожай. – 224 с.
2. Шевчук Р., Сукач О., Шевчук В. (2019). Пристрій для визначення тягово-зчіпних показників мобільних засобів. Техніка і технології АПК. №3. – С. 25–27.
3. Narang S., Varshney A.C. (2006). Draftability of a 8,95 kW walking tractor on tilled land. *Journal of Terramechanics*. Vol. 43, No 4. P. 395-409. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jterra.2005.04.006> 30.
4. Walking Tractor Market Share, Size 2022. Consumption Analysis By Applications, Future Demand, Top Leading Players, Competitive Situation, Emerging Trends and Forecast to 2029 URL: <https://www.marketwatch.com/press-release/walking-tractor-market-share-size-2022-consumption-analysis-by-applications-future-demand-top-leading-players-competitive-situation-emerging-trends-and-forecast-to-2029-2022-07-05> (дата звернення: 01.08.2022).
5. Шевчук Р.С., Сукач О.М., Шевчук В.В. Пристрій для визначення показників тягово-зчіпних властивостей мобільних засобів. “Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки”: матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції (Кропивницький, 6 - 7 лист. 2019 р.). Кропивницький: ЦНТУ, 2019. – С. 138 -140.

ІМІТАЦІЯ ТЯГОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ ШВИДКІСНИХ ГУСЕНИЧНИХ ТРАКТОРІВ

Калінін Є., д-р. техн. наук, проф., kalinin@nubip.edu.ua,

Національний університет біоресурсів і природокористування України,

Лебедєв С., канд. техн. наук, доц., hfukrndipvt@gmail.com,

Харківська філія УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого

Вступ. Стандартні методи тягових випробувань не дають достатньо повної інформації про тягово-динамічні та експлуатаційні властивості тракторів. Це відбувається внаслідок завантаження тракторів на випробуваннях пристроями, тяговий опір $P_{\text{зак}}$ яких значно відрізняється від опору сільськогосподарських знарядь під час виконання технологічних процесів. Відмінність у тому, що функція тягового опору знарядь має різкі коливання, а завантаження сільськогосподарських тракторів на тягових випробуваннях порівняно рівномірне, тобто майже стале [1, 2, 4, 5].

Зважаючи на це, випробувачі прагнуть до створення таких завантажувальних пристроїв, які під час проведення тягових випробувань тракторів забезпечували б завантаження, близьке до експлуатаційного. Однак створені пристрої не відтворюють необхідний сигнал досить точно, по-перше, через те, що недостатньо повно обґрунтовано функцію, яка повинна імітуватися цими пристроями; по-друге – через недосконалість конструкції імітаційних засобів [3, 6, 7].

Мета роботи – обґрунтування методики відтворення на гаку трактора під час тягових випробувань навантаження, еквівалентного дійсному, яке діє на трактор під час виконанні ним різних сільськогосподарських операцій завантажувальним імітаційним пристроєм.

Матеріали і методи. Для дослідження та синтезу функції гакового навантаження в роботі використані теоретичні методи математичної статистики та теорії ймовірностей, а також методи гармонічного аналізу, які оцінюють

розподіл основних характеристик (амплітуд і частот) тягового навантаження трактора під час роботи у складі орного агрегата.

Результати і обговорення. У роботі дається короткий опис та порівняння двох способів відтворення тягового навантаження.

Першоджерелом визначення основних характеристик – амплітуди та частоти коливань випадкової функції $P_{\text{гак}}$, яка імітується, першим способом є дійсна реалізація, отримана під час виконання трактором сільськогосподарської операції. Ця реалізація розкладається на прості складові (синусоїди) графічним методом або ПК. Одночасно визначаються їхні амплітуди та частоти, які відтворюються завантажувальним імітаційним пристроєм.

Дослідженнями встановлено, що тяговий опір $P_{\text{гак}}$ сільськогосподарських знарядь, як функція часу t , може бути виражена сумою:

$$P(t) = M[P(t)] + p(t), \quad (1)$$

де $M[P(t)]$ – математичне очікування функції тягового опору $P_{\text{гак}}$ (постійна складова); $p(t)$ – випадкова функція тягового опору $P_{\text{гак}}$ (змінна складова).

У роботах [5-7] випадкова функція $p(t)$ представлена як п'ять «деформованих» синусоїд, які різняться між собою амплітудою та частотою. Однак слід мати на увазі, що рух завантажувального імітаційного пристрою під час випробувань не є абсолютно рівномірним і складові, запрограмовані в ньому у вигляді синусоїд, на виході також зазнають деяких спотворень. Завдяки цьому синусоїди за своїми характеристиками наближаються до дійсних.

Враховуючи викладене, всі складові можна прийняти за синусоїди, кожна з яких може бути елементом штучного сигналу, який генерується завантажувальним пристроєм. Підсумовування цих синусоїд з урахуванням фазових зрушень φ формує функцію випадкового процесу, який імітується. Фазовий зсув φ підбирається так, щоб сумарні амплітуди функції, які синтезуються, дорівнювали амплітудам дійсного процесу.

Для математичного представлення функції $p(t)$ скористаємося формулою канонічного розкладання:

$$p(t) = m_x(t) + \sum_{i=1}^m V_i \varphi_i(t), \quad (2)$$

де $V_1, V_2, \dots, V_m$ – система випадкових величин з $m_x(t) = 0$; $\varphi_1(t), \varphi_2(t), \dots, \varphi_m(t)$ – координатні невідповідні функції.

Канонічне розкладання центрованої випадкової функції $p(t)$ запишеться так:

$$p(t) = \sum_{k=0}^{\infty} (U \cos \omega t + V \sin \omega t), \quad (3)$$

де U і V – некорельовані випадкові величини з $m_x(t) = 0$.

У виразі (3) замінимо знак суми на інтеграл:

$$p(t) = \int_0^{\infty} [U(\omega) \cos \omega t + Y(\omega) \sin \omega t] d\omega. \quad (4)$$

Оскільки відома кількість складових функції та числові значення їхніх частот, у виразі (4) замінимо нескінченний інтеграл кінцевим та представимо його як суму інтегралів. Тоді функція $p(t)$ прийме остаточний вигляд:

$$p_k(t) = \sum \left[\int_{\omega_{k-1}}^{\omega_k} U(\omega) \cos \omega t d\omega + \int_{\omega_{k-1}}^{\omega_k} V(\omega) \sin \omega t d\omega \right]. \quad (5)$$

У другому способі амплітуда на потрібній частоті визначається за формулою:

$$p_k(t) = 2 \sqrt{\int_{\omega_{k-1}}^{\omega_k} S_p(\omega) d\omega} \cdot \cos \left(\frac{\omega_{k-1} + \omega_k}{2} t - \frac{\pi}{4} \right), \quad (6)$$

де $S_p(\omega)$ – спектральна щільність процесу, яка імітується.

Відомо, що завантажувальний пристрій із неробочим задавачем змінної складової $p(t)$ тягового опору $P_{\text{зак}}$ створює змінну складову $p'(t)$, хоча вона і має за величиною значно менші коливання амплітуди. Однак під час конструювання завантажувальних пристроїв їх слід враховувати.

Тому коливання тягового опору, які генеруються завантажувальним імітаційним пристроєм, будуть дорівнювати:

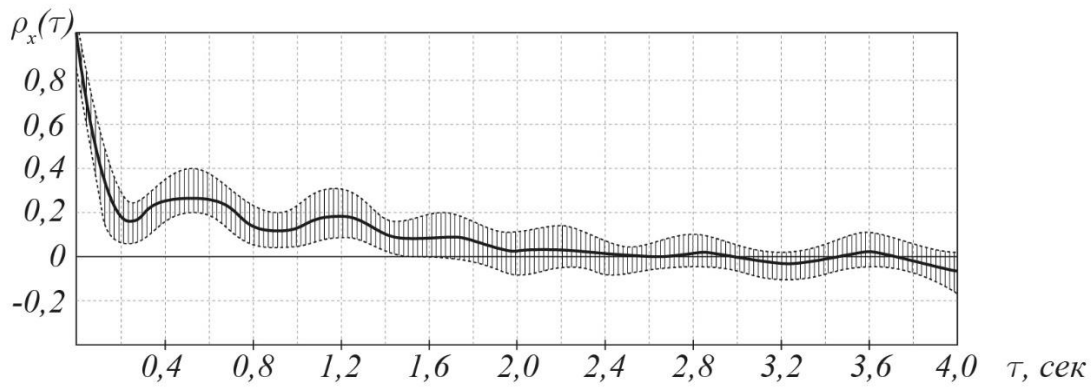
$$R(t) = p(t) - p'(t). \quad (7)$$

Водночас, $p'(t)$ може бути перетворена так само, як і $p(t)$. Слід врахувати, що ці функції некорельовані.

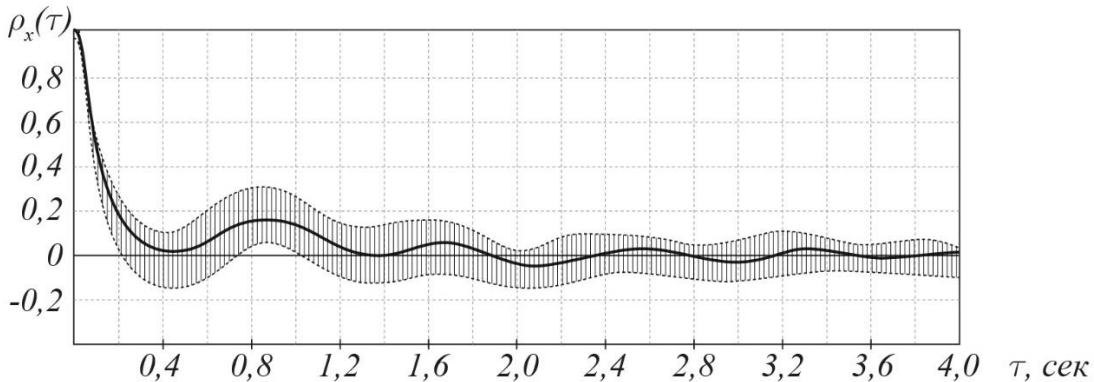
Висновки. З першим способом налаштування завантажувального пристрою на необхідні режими роботи, під час проведення тягово-динамічних випробувань тракторів, слід проводити з використанням графіка амплітудно-частотного спектра тягового опору $P_{\text{зак}}$. З іншим способом розрахунок режимів завантажувального пристрою проводиться за формулою (6). Слід зазначити перевагу першого способу, яка полягає у більшій точності відтворення тягового навантаження під час випробувань тракторів. Це пояснюється тим, що основні характеристики – амплітуда і частота, – необхідні для налаштування завантажувального пристрою на потрібний режим роботи, визначають безпосередньо з реалізації $P_{\text{зак}}$, минаючи проміжні перетворення і припущення, які мають місце в другому випадку.

Для оцінки збіжності (похибки) синтезованої функції з дійсною пропонується контрольний сигнал подібно до нормованої автокореляційної функції $\rho_x(\tau)$, отриманої за середньою кривою сімейства реалізацій. Ця функція приймається за стандартну. Схожість функцій перевіряється порівнянням синтезованого сигналу з еталонною функцією. Слід намагатись, щоб кореляційна функція синтезованого процесу не виходила за поле допуску, встановлене для цього тягового класу трактора, сільськогосподарського знаряддя, режиму роботи тощо.

На рисунку 1 зображено еталонну автокореляційну функцію, отриману методом опосередкування сімейства реалізацій тягового опору, зареєстрованого під час роботи трактора John Deere 8345R з плугом Lemken Diamant 11 по стерні озимої пшениці. Поле допуску (заштрихована зона) встановлено, виходячи з умови, що розсіювання реалізацій $P_{\text{зак}}$ дійсного процесу відносно опосередкованої реалізації не перевищує 15 % за амплітудою.



а



б

Рисунок 1 – Автокореляційні криві функцій $P_{зак}$ (а) та M_o (б) орного агрегата на базі трактора John Deere 8345R з плугом Lemken Diamant 11, отримані за опосередкованою реалізацією (по стерні озимої пшениці)

За 15-відсоткового розсіювання тягового опору $P_{зак}$ по амплітуді похибка коефіцієнта зниження швидкості поступального руху трактора за величиною сягає 3 %.

Література

1. Калінін Є. І. (2018). Частотний аналіз коливань гусеничних тракторів. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. Зб. наук. пр. УкрНДІПВТ ім. Л.Погорілого, Дослідницьке. Вип. 22 (36). – С. 86-91.

DOI: [http://dx.doi.org/10.31473/2305-5987-2018-1-22\(36\)-84-89](http://dx.doi.org/10.31473/2305-5987-2018-1-22(36)-84-89).

2. Подригало М. А., Артемов Н. П., Абрамов Д. В., Шуляк М. Л. (2015). Оценка дополнительных энергетических потерь при установившемся режиме движения транспортно-тяговых машин. Вісник Національного технічного університету «ХПІ»: Механіка та машинобудування. Вип. 9. – С. 98-107.

3. Алексеева С. В., Вейц В. Л., Геккер Ф. Р., Кочура А. Е. (1982). Силовые передачи транспортных машин. Динамика и расчет. Л.: Машиностроение. – 256 с.
4. Лебедев А. Т., Калінін Є. І., Шуляк М. Л. (2015). Опір перекочування колеса, що працює з буксуванням. Збірник наукових статей Луцького НТУ. Сер.: Сільськогосподарські машини. Вип. 32. – С. 109-115.
5. Кожушко А. П., Григор'єв О. Л. (2018). Моделювання пов'язаних коливань колісного трактора та цистерни з рідиною на прямому шляху зі складним рельєфом. Вісник Національного технічного університету «ХП». № 27 (1303). – С. 34-61.
6. Шуляк М. Л., Лебедев А. Т., Артьомов М. П., Мальцев В. П. (2017). Експериментальне дослідження алгоритму керування режимами роботи транспортного агрегату. Системи управління, навігації та зв'язку. Збірник наукових праць. Т. 3 (43). – С. 38-42.
7. Кальченко Б. І., Кожушко А. П., Кісельов А. Р. (2017). Оцінка плавності руху самохідної машини при впливі нерівностей поверхні. Вісник Національного технічного університету «ХП». № 30 (1252). – С. 56–63.
8. Алексеев С. А. (1970). Динамика свободных систем материальных точек с упругими связями. Прикладная математика и механика. Вып. 3. С. 25-30.
9. Леннинг Дж. Х., Беттин Р. Г. (1958). Случайные процессы в задачах автоматического управления. М.: Издательство иностранной литературы. – 388 с.

АНАЛІЗ ТЯГОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ТРАКТОРІВ ІЗ ГУМОАРМОВАНИМИ ГУСЕНИЦЯМИ

Калінін Є., д-р. техн. наук, проф., kalinin@nubip.edu.ua,

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Вступ. Численні експлуатаційні дослідження показали, що функція тягового опору $P_{\text{зак}}$ носить випадковий характер і залежить від фізико-механічних властивостей ґрунту, макро- та мікрорельєфу поля, коливань трактора тощо [1-5].

Різноманітність факторів, які визначаються умовами роботи машинно-тракторних агрегатів (МТА), не дає змоги отримати порівняні дані за результатами тягових випробувань, проведених у різних умовах різними дослідженнями [6, 7]. Тому назріла необхідність отримання деяких узагальнених еталонних сигналів або функцій, які б відображали коливання навантаження, які трапляються під час роботи МТА в реальних умовах експлуатації. Тоді ці сигнали можна використовувати під час тягових випробувань, імітуючи їх завантажувальним пристроєм.

Для того, щоб визначити умови, яким повинна відповідати еталонна функція, яка імітується завантажувальним пристроєм, необхідно знати внутрішню структуру процесу, який досліджується, і його ймовірнісні характеристики.

Мета роботи – оцінити ймовірнісні показники процесу навантаження гусеничного трактора з гумоармованими гусеницями під час виконання технологічного процесу для синтезу функції, які під час випробувань імітуються завантажувальним пристроєм.

Матеріали і методи. В основу дослідження покладені теоретичні методи математичної статистики і теорії ймовірностей на базі теоретико-числових функцій, пов'язаних з розподілом простих чисел, а також методи гармонічного аналізу для дослідження амплітудно-частотних та статистичних характеристик динаміки гусеничного трактора.

Результати і обговорення. Досліджувані процеси тягового опору $P_{\text{зак}}$ і моменту опору на валу двигуна M_o були досліджені на стаціонарність, оскільки

аналіз та узагальнення результатів випадкових стаціонарних процесів значно простіший та зручніший ніж нестационарних.

Розмаїття ґрунтових умов, тягових класів тракторів та виконуваних ними сільськогосподарських операцій не дає змоги провести аналіз функцій тягового опору $P_{\text{зак}}$ і моменту опору M_o відразу для всіх цих випадків. Тому така робота проведена для швидкісних тракторів тягового класу 3 з гумоармованими гусеницями під час виконання оранки стерні пшениці, кукурудзи та соняшнику у двох ґрунтово-кліматичних зонах.

Випадкові функції $P_{\text{зак}}$ і M_o були піддані аналізу на стаціонарність, виходячи з класичного її визначення. Аналіз показав, що ні середні амплітуди цих процесів, ні характер їхніх коливань не виявляють істотних змін із часом. Проте математичні очікування $m_x(t)$, дисперсії $D_x(t)$ і автокореляційні криві $\rho_x(\tau)$ функцій $P_{\text{зак}}$ і M_o не зовсім постійні для реалізацій рівної тривалості, тобто має місце деяке розсіювання навколо середнього значення.

Враховуючи це, не можна говорити про стаціонарність (у широкому значенні) досліджуваних процесів. Для оцінки ступеня нестационарних процесів $P_{\text{зак}}$ і M_o скористаємося методикою, викладеною у роботах [8, 9, 10]. У цих роботах зроблено спробу побудови статистичного критерію для перевірки стаціонарності досліджуваної функції. Цим критерієм можна встановити граничне значення тривалості реалізації, збільшення якої вже не знижує похибки у визначенні стаціонарності. У процесі визначення граничної тривалості реалізації методом послідовного наближення до неї можна вибрати таку тривалість, яка відповідала б практичним можливостям її отримання та обробки і давала б прийнятну похибку за показниками стаціонарності досліджуваної функції.

У роботах [8, 9] як індикатор стаціонарності випадкового процесу розглядається така величина:

$$I(N) = \frac{1}{n} \sum_{t, t_1, \tau > 0}^T |\rho(t, t + \tau) - \rho(t_1, t_1 + \tau)|, \quad (1)$$

де n – число елементів суми; T – тривалість реалізації, сек; $\rho(t, t + \tau)$ і $\rho(t_1, t_1 + \tau)$ – кореляційні функції з моментами часу $(t, t + \tau)$ та $(t_1, t_1 + \tau)$.

Ознакою стаціонарності довільного процесу є умова $I(N)=0$. За $I(N)>0$ випадковий процес не стаціонарний.

Для побудови статистичного критерію використовується нерівність Чебишева:

$$P(|x - m(x)| \geq \alpha) \leq \frac{D_x}{\alpha^2}, \quad (2)$$

або для нашого випадку:

$$P(I(N) \geq \alpha) \leq \frac{D_{1x}}{\alpha^2}, \quad (3)$$

де x – довільна випадкова величина; α – довільне позитивне число; D_{1x} – верхня оцінка для дисперсії D_x .

Як довірчий інтервал пропонується брати відрізок $[0, \alpha]$, тоді довірчий рівень $\beta \leq \frac{D_{1x}}{\alpha^2}$.

Для перевірки випадкового процесу на так звану локальну стаціонарність пропонується індикатор стаціонарності:

$$L_{k,l} = \frac{1}{l} [R_k(t, t') - R_l(t, t')], \quad (4)$$

де $l = N = \frac{T}{\Delta \tau}$; R_k, R_l – автокореляційні функції випадкового процесу.

Застосування цього індикатора особливо зручно у разі, якщо у розпорядженні дослідника є лише одна реалізація достатньої тривалості.

Реалізація ділиться на N частин, але основна увага приділяється не величині $I(N)$, а величинам $L_{k,i}$, які у певних межах (довірчі межі) є мірою подібності різних частин реалізації. Застосування критерію «локальної» стаціонарності виділяє також неоднорідні частини, які порушують стаціонарність процесу. Досліджуваний процес перевірявся на «локальну» стаціонарність.

Результати статистичної обробки реалізацій визначення стаціонарності процесу за $\beta = 5\%$, наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Значення індикаторів стаціонарності для реалізації різної тривалості

Довжина ділянки поля, м	Тривалість реалізації, сек	Індикатори стаціонарності випадкових процесів $L_{k,i}$				$\alpha, \%$
		Порядковий номер реалізації				
		1	2	3	4	
25	12,5	0,0339	0,0184	0,0140	0,0171	3,60
35	17,5	0,0829	0,0478	0,0377	0,0208	9,80
50	25,0	0,0509	0,0412	0,0239	0,0092	7,60
70	35,0	0,0148	0,0151	0,0166	0,0054	2,10
100	50,0	0,0132	0,0138	0,0136	0,0049	1,90
130	65,0	0,0137	0,0143	0,0143	0,0052	1,97

Як очевидно з таблиці 1, значення індикатора стаціонарності випадкового процесу $L_{k,i}$ не виходять за межі довірчих меж α (за $\beta = 0,05$), тому аналізовані реалізації не суперечать умові про стаціонарність цього процесу. Зі збільшенням реалізації, починаючи з 17,5 сек, індикатор стаціонарності процесу спрямовується до нуля, хоча й не дорівнює нулю навіть за реалізації тривалістю 50 сек.

Подальше збільшення тривалості реалізації не вносить істотних змін в значення α та $L_{k,i}$, які за тривалості реалізації 65 сек практично стабілізувалися.

Помічене відхилення індикатора стаціонарності від нуля пояснюється значними коливаннями математичного очікування $m_x(t)$ з низькою частотою.

Зі збільшенням тривалості реалізації з'являється нижча частота, яка формується більш тривалими ухилами полів і т. п. Такі процеси прийнято називати квазістаціонарними.

Беручи до уваги практичні можливості одержання осцилографічних записів, їхню обробку, а також задовільну інформативність досліджуваних процесів, можна обмежитися тривалістю реалізацій $T = 50-65$ сек.

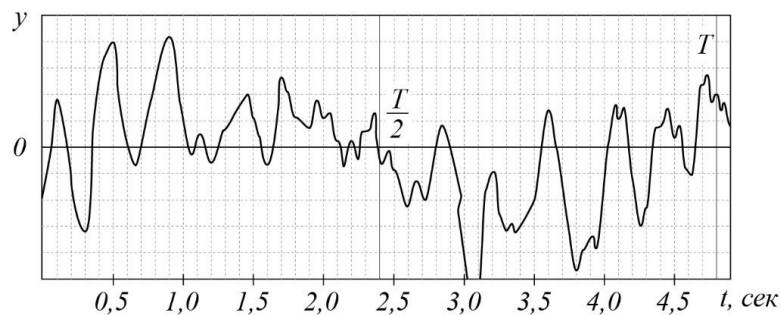
Отримані реалізації $P_{зак}$ і M_o є випадковими функціями, які можна подати як кілька складових, які відрізняються між собою амплітудою та частотою.

Висновки. Знання кількості складових, їхніх амплітуд та частот дасть змогу імітувати ці складові під час експериментів, визначити джерела коливань, засоби їх усунення чи зниження їхнього впливу. Тому розкладання функцій $P_{зак}$ та M_o на прості складові становить великий практичний інтерес.

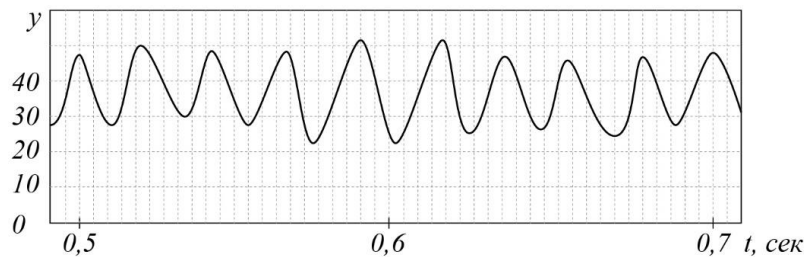
Експериментальні дослідження з аналізу декількох характерних функцій $L_{k,i}$ проводились під час роботи трактора John Deere 8345R з плугом Lemken Diamant 11 по стерні озимої пшениці.

На рисунку 1 проілюстровано приклад графічного розкладання випадкового процесу методами накладання та тих, які огинають.

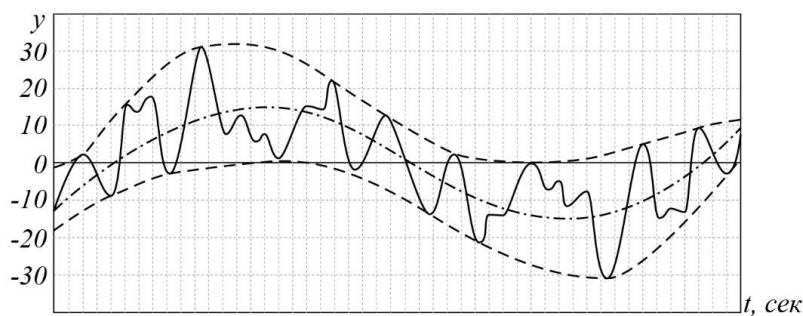
Наведено вихідну випадкову функцію $P_{\text{зак}}$ (рис. 1, а) і виділену з неї методом накладання просту складову (рис. 1, б). Штрих-пунктирна лінія (рис. 1, в) зображує низькочастотну складову. Штрихові лінії є вихідною базою для її виділення методом тих, які огинають.



а



б



в

а – реалізація $P_{\text{зак}}$, яка аналізується; б – «деформована» синусоїда з $T = 0,5-0,7$ сек; в – багатокомпонентна крива з виділеною низькочастотною складовою (штрих-пунктирна лінія)

Рисунок 1 – Графічне розкладання випадкової функції тягового зусилля $P_{\text{зак}}$

Під час розкладання комбінованим методом (накладенням та тих, які огибають) функції $P_{зак}$ було отримано п'ять основних складових досліджуваного процесу. Одночасно були визначені числові значення їхніх амплітуд і періодів, які наведені в таблиці 2.

Таблиця 2 – Характеристики складових функцій $P_{зак}$
з їхніми числовими значеннями

Характеристики складових функцій $P_{зак}$	Порядкові номери складових функцій $P_{зак}$				
	1	2	3	4	5
Частота f , Гц	0,10-0,25	1,00-1,50	2,50-3,00	5,00-6,00	10,00-12,00
Період T , сек	4,00-10,00	0,67-1,0	0,33-0,40	0,20-0,17	0,08-0,10
Амплітуда A , кН	2,50-3,00	4,60-5,00	4,80-2,50	1,80-2,50	0,40-0,60

Розкладання функцій $P_{зак}$ на прості складові проведено також з використанням ПК на базі системи аналітичних розрахунків Maple. Результати розкладання збігаються з графічним розкладанням функції $P_{зак}$.

З таблиці 2 видно, що всі складові є «деформованими» синусоїдами, про що свідчить розбіг частоти кожної зі складових. Це пояснюється наявністю в процесі інших частот, які були виділені в результаті розкладання функції $P_{зак}$, проте їхня частка в енергетичному спектрі незначна.

У результаті графічного та машинного розкладання функції $P_{зак}$ побудовано графік, який виражає її амплітудно-частотний спектр (рис. 2), що дає наочне уявлення про розподіл амплітуд $P_{зак}$ в розрізі частот.

Рівняння кривої амплітудно-частотної характеристики в загальному випадку має таку математичну залежність коливань амплітуди M від частоти ω досліджуваного процесу:

$$A(\omega) = a\omega^b e^{c\omega}, \quad (5)$$

де a , b , c та e – постійні коефіцієнти рівняння.

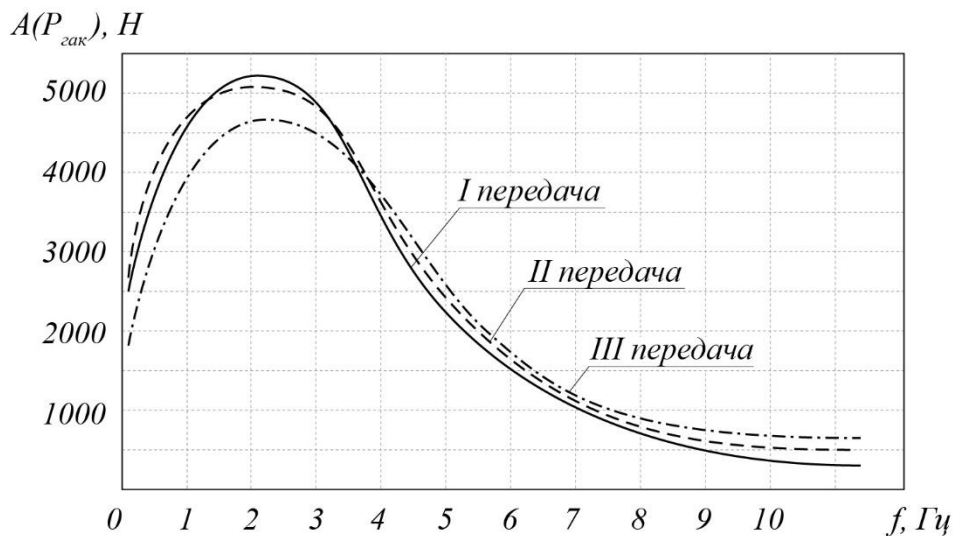


Рисунок 2 – Амплітудно-частотний спектр $P_{зак}$ орного агрегата на базі трактора John Deere 8345R з плугом Lemken Diamant 11 (стерня озимої пшениці)

Література

1. Лебедєв А. Т., Калінін Є. І., Шуляк М. Л. (2015). Опір перекочування колеса, що працює з буксуванням. Збірник наукових статей Луцького НТУ. Сер.: Сільськогосподарські машини. Вип. 32. – С. 109-115.
2. Калінін Є. І. (2018). Частотний аналіз коливань гусеничних тракторів. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. Зб. наук. пр. УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, Дослідницьке. Вип. 22 (36). – С. 86-91.
DOI: [http://dx.doi.org/10.31473/2305-5987-2018-1-22\(36\)-84-89](http://dx.doi.org/10.31473/2305-5987-2018-1-22(36)-84-89).
3. Алексеева С. В., Вейц В. Л., Геккер Ф. Р., Кочура А. Е. (1982). Силовые передачи транспортных машин. Динамика и расчет. Л.: Машиностроение. – 256 с.
4. Шуляк М. Л., Лебедєв А. Т., Артьомов М. П., Мальцев В. П. (2017). Експериментальне дослідження алгоритму керування режимами роботи транспортного агрегату. Системи управління, навігації та зв'язку. Збірник наукових праць. Т. 3 (43). – С. 38-42.
5. Подригало М. А., Артемов Н. П., Абрамов Д. В., Шуляк М. Л. (2015). Оценка дополнительных энергетических потерь при установившемся режиме движения транспортно-тяговых машин. Вісник Національного технічного університету «ХП»: Механіка та машинобудування. Вип. 9. – С. 98-107.

6. Кожушко А. П., Григор'єв О. Л. (2018). Моделювання пов'язаних коливань колісного трактора та цистерни з рідиною на прямому шляху зі складним рельєфом. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». № 27 (1303). – С. 34-61.
7. Кальченко Б. І., Кожушко А. П., Кісельов А. Р. (2017). Оцінка плавності руху самохідної машини при впливі нерівностей поверхні. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». № 30 (1252). – С. 56–63.
8. Коган А. Я., Полещук И. В. (2005). Об основных параметрах, определяющих устойчивое движение экипажей. Вестник ВНИИЖТ. № 2. – С. 4-6.
9. Леннинг Дж. Х., Беттин Р. Г. (1958). Случайные процессы в задачах автоматического управления. М.: Издательство иностранной литературы. – 388 с.
10. Алексеев С. А. (1970). Динамика свободных систем материальных точек с упругими связями. Прикладная математика и механика. Вып. 3. – С. 25-30.

**ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАТВЕРДЖЕННЯ ТИПУ
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ – ПІДСУМКИ
РОБОТИ ЦЕНТРУ ВИПРОБУВАНЬ ТЕХНІКИ**

Погорілий В., e-mail: pogoriliy@ukr.net,

Сидоренко В., e-mail: sid_vladimir@ukr.net,

ЦВТ УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого

Вступ. Мінагрополітики України, системно реалізуючи покладені на нього функції з технічного регулювання у сфері сільськогосподарського машинобудування, імплементувало європейське технічне законодавство і на основі Директиви ЄС 2003/37 розробило та впровадило Технічний регламент затвердження типу сільськогосподарських та лісогосподарських тракторів, їхніх причепів і змінних причіпних машин, систем, складових частин та окремих технічних вузлів (ТРЗТ).

Це остаточно скасувало обов'язкову сертифікацію сільгосптехніки в системі УкрСЕПРО, запровадило європейські підходи з оцінки відповідності та зменшило навантаження на бізнес із одночасним збільшенням його відповідальності за введення в обіг та експлуатацію безпечних машин.

З унесенням змін до Закону України «Про технічні регламенти та оцінку відповідності», повноваження з призначення Органу із затвердження типу (ОЗТ) покладалось на Центральний орган виконавчої влади (ЦОВВ), який виконує функції технічного регулювання у відповідних сферах. Відповідно, Мінекономрозвитку своїм наказом скасувало повноваження призначених ОЗТ, а саме УкрЦВТ та АгроСЕПРО, тим самим зупинивши роботу цих органів. Створена законодавча неврегульованість фактично зупинила реєстрацію сільськогосподарських і лісогосподарських (с.-г. і л.-г.) транспортних засобів.

Для оперативного врегулювання питання реєстрації транспортних засобів та призначення ОЗТ, Мінагрополітики ініціювало внесення змін до ТРЗТ і наказом від 13.12.2021 р. № 428 запровадило зміни в Положення УкрНДІПВТ ім.

Л.Погорілого, чим делегувало інституту повноваження на виконання функцій Органу із затвердження типу (ОЗТ), який у його структурі отримав назву «Прозорий офіс».

Відповідно, для проведення необхідних процедур Органом із затвердження типу для підтвердження відповідності транспортних засобів, застосованим до них вимогам Технічного регламенту, заявник має надати ОЗТ необхідну доказову базу, якою є протокол випробувань із результатами оцінювання відповідності.

У структурі інституту таку функцію (проведення випробувань для встановлення основних технічних параметрів та характеристик транспортних засобів, які визначають безпечність їхнього використання та наведені в Технічному регламенті затвердження типу), виконує акредитована випробувальна лабораторія (ВЛ) – Центр випробування техніки (ЦВТ) УкрНДІПВ ім. Л.Погорілого.

Мета роботи – дослідження й аналізування діяльності та результатів роботи ЦВТ щодо формування доказової бази забезпечення індивідуального затвердження типу с.-г. транспортних засобів у співробітництві з ОЗТ «Прозорий офіс» як складових частин УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого.

Матеріали і методи. Вихідними матеріалами для досліджень є нормативні документи, законодавчі та нормативно-правові акти стосовно формування, регулювання та реалізації технічної політики в АПК України у сфері машинобудування для агропромислового комплексу.

Методи досліджень полягають в аналізуванні, порівнянні та узагальненні документів і рішень щодо процедур затвердження типу та оцінки відповідності с.-г. та л.-г. тракторів, їхніх причепів і змінних причіпних машин, систем, складових частин та окремих технічних вузлів, які виконуються ОЗТ «Прозорий офіс» у співпраці з ЦВТ.

Результати та обговорення. Законом України «Про систему інженерно технічного забезпечення агропромислового комплексу України» [1] за Мінагрополітики України закріплені повноваження ЦОВВ у сфері формування та

реалізації технічної політики в АПК та сфера діяльності, в якій міністерство виконує функції технічного регулювання в галузі машинобудування для АПК [2].

Відповідно Мінагрополітики, реалізуюючи покладені на нього функції з технічного регулювання у сфері машинобудування для агропромислового комплексу надало інституту повноваження на виконання функцій затвердження типу с.-г. і л.-г. транспортних засобів, видачі і реєстрації сертифікатів, а також контролю здійснення виробником заходів щодо забезпечення відповідності транспортного засобу затвердженому типу [3].

Водночас слід відзначити, що саме УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого проводив роботи з імплементації європейського технічного законодавства щодо с.-г. техніки, розробив на основі Директиви ЄС 2003/37 [4] та супроводжував прийняття КМУ «Технічного регламенту» [5].

31 травня 2022 року Верховна Рада України прийняла в другому читанні та загалом законопроект № 6070-1 «Про внесення змін до деяких законів України щодо здійснення функцій технічного регулювання у сфері агропромислового комплексу та машинобудування для агропромислового комплексу» [6], який розблоковує сертифікацію нових типів с.-г. техніки.

Делегування інституту повноважень на виконання функцій Органу із затвердження типу повністю відповідає європейським принципам, які базуються на наданні виробнику / постачальнику Сертифіката затвердження типу з покладанням далі на нього зобов'язань вводити в обіг лише безпечні машини. Практично у всіх європейських країнах функції Органу затвердження типу виконують міністерства, їхні структурні підрозділи або державні установи зі сфери їхнього управління (рис. 1) [7].

Оскільки чинним ТРЗТ окремих процедур та форм документів для індивідуального затвердження типу одиничних зразків не повністю врегульовано, Орган затвердження типу УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, з урахуванням положень та форм зазначено регламенту, розробив і затвердив форму Сертифіката затвердження типу і технічного опису, який до нього додається та оприлюднив цю інформацію на своєму сайті.

Роботи з оцінювання та підтвердження відповідності транспортних засобів вимогам Технічного регламенту затвердження типу проводяться згідно з Порядком індивідуального затвердження типу с.-г. та л.-г. тракторів, їхніх причепів і змінних причіпних машин, затвердженим керівником ОЗТ – директором УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого.

Цей Порядок застосовується до індивідуального затвердження одиничних зразків і партій транспортних засобів як нових, так і таких, які були у користуванні, що являє собою сукупність процедур, за якими Орган затвердження типу інституту підтверджує, що одиничний зразок, партія транспортних засобів відповідають застосовним до них вимогам Регламенту.

 Організація європейського економічного співробітництва Штаб квартира в Парижі	Тракторні ОЕСР коди відкриті для країн, які є членами ОЕСР, а також інших країн. 26 розвинених країн світу дотримуються їх. Проводиться розширення стандартів безпеки та екологічних норм для країн, що реалізується в рамках розвитку партнерських відносин країн членів ОЕСР, ООН та інших.
 ENTAM Європейське об'єднання випробувальних організацій с. г. техніки Штаб квартира в Брюсселі	Складається з одинадцяти дійсних членів, почесного члена (ФАО) і чотирьох членів-спостерігачів (INTA, AFMSPTC, CEA, BIM) відповідно з Аргентини, Болгарії, Бразилії, Росії.

 Німецьке сільськогосподарське товариство. ФРН	Більш чим 100 річний досвід тестування с.г. техніки орієнтовано на національні і міжнародні стандарти, правила і технічні специфікації. <i>Федеральне міністерство продовольства, сільського господарства та захисту прав споживачів</i>	 Федеральний інститут освіти і наукових досліджень Австрія	Тестування в галузі сільськогосподарського машинобудування та відновлюваних джерел енергії <i>Міністерство сільського господарства, лісового господарства, охорони навколишнього середовища та управління водними ресурсами</i>
 Державний науково-дослідний інститут природи Франція	Має тестові треки і полігони для сільськогосподарських і лісових тракторів та причіпних сільськогосподарських машин <i>Міністерство сільського господарства</i>	 Машино-випробувальна станція Іспанія	Виконання тестів, пов'язаних з процедурами затвердження потужності двигуна і витрат палива сільськогосподарських тракторів і оцінки його захисних конструкцій. <i>Міністерство сільського господарства і рибальства</i>
 Національне агентство з механізації сільського господарства і підтримки с. г. машинобудування Італія	Цілі досягаються за допомогою експериментування, тестування і стимулювання до створення нової, високотехнологічної, інноваційної техніки <i>Міністерства сільського господарства і лісової політики</i>	 Промисловий інститут сільськогосподарського машинобудування Польща	Проводить тести машин на відповідність з національними та європейськими вимогами безпеки і підтримує банки даних про сільськогосподарські машини <i>Міністерство сільського господарства</i>
 Інститут сільськогосподарського машинобудування Угорщина	Мета діяльності інституту- сприяння розвитку технологій, що ґрунтуються на результатах тестувань машин. <i>Міністерство сільського господарства</i>	 Інститут сільсько-сподарської техніки та конструкцій Греція	Тестування сільськогосподарських машин та іригаційного обладнання. <i>Міністерство сільського господарства</i>

Рисунок 1 – Перелік випробувальних організацій країн Європи

Короткий алгоритм проведення робіт з оцінювання і підтвердження відповідності транспортних засобів вимогам Технічного регламенту затвердження типу містить такі основні етапи:

- подання заявки на затвердження типу та комплекту необхідних документів;

- надання заявнику інформації щодо процесу оцінювання транспортних засобів та стосовно вартості робіт із затвердження типу;
- аналізування ОЗТ заявки щодо повноти приведеної в ній інформації, встановлення можливості надавання послуги із затвердження типу, проведення перевірки наданих до заявки матеріалів, погодження з заявником схеми оцінювання транспортного засобу та термінів надання послуги;
- проведення випробувань (ВЛ інституту, філії) для оцінювання відповідності вимогам безпечності з установленням основних технічних параметрів та характеристик машини, які визначають безпечність її використання та наведені в Технічному регламенті затвердження типу транспортних засобів;
- аналіз усього комплекту наданої документації для прийняття рішення про можливість реєстрації сертифіката затвердження типу;
- позитивні результати аналізування документації є підставою для підготовки висновку та сертифіката затвердження типу. У разі негативних результатів аналізування документації керівник ОЗТ узгоджує із заявником подальші роботи із затвердження типу;
- рішення про видачу сертифіката затвердження типу приймає і підписує директор УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого.

Зараз Орган затвердження типу інституту «Прозорий офіс» спільно з ЦВТ і випробувальними лабораторіями філій проводить роботу з оцінки й підтвердження відповідності та видає сертифікати затвердження типу, передбачені чинними нормативно-правовими актами.

Основою доказової бази під час здійснення процедур підтвердження типу транспортних засобів є протокол випробувань, проведення яких є головним завданням ЦВТ, тому вона несе основне навантаження в цьому питанні та є важливою складовою в алгоритмі проведення робіт із оцінювання і підтвердження відповідності вимогам Технічного регламенту.

ЦВТ відповідно до вимог до випробувальних лабораторій щодо компетентності, акредитований на здійснення діяльності у сфері випробувань тракторів, с.-г. машин та інших транспортних засобів для агропромислового

комплексу Національним Агентством України з акредитації (НААУ) і є компетентним у наданні послуг з випробувань (рис. 2) [8].



Рисунок 2 – Атестат про акредитацію ЦВТ інституту, який засвідчує компетентність ВЛ у сфері випробувань тракторів і с.-г. машин

Персонал ВЛ інституту проводить випробування у повній відповідності до встановлених процедур із використанням випробувального обладнання та засобів виміральної техніки, які пройшли відповідне калібрування згідно із затвердженим планом.

Станом на серпень 2022 р., ЦВТ інституту прийнято на розгляд 210 рішень ОЗТ на проведення випробувань (табл. 1).

Водночас кількість опрацьованих рішень, за якими проведені випробування транспортних засобів (ТЗ) склало 184 шт.

Таблиця 1 – Кількість проведених ЦВТ випробувань транспортних засобів згідно з рішеннями ОЗТ «Прозорий офіс»

Кількість рішень ОЗТ на проведення випробувань	210 шт.
Кількість повернутих рішень (анульовані заяви, форс-мажорні обставини)	26 шт.
Кількість опрацьованих рішень, за якими проведені випробування транспортних засобів (ТЗ)	184 шт. в т. ч. - ТЗ категорії Т – 141 шт. (77 %) - ТЗ категорії С – 8 шт. (4 %) - ТЗ категорії R – 24 шт. (13 %) - ТЗ категорії S – 11 шт. (6 %)
Транспортні засоби: - категорії Т (колісні трактори) - категорії С (гусеничні трактори)	- од. зразки – 76 шт. - партія – 65 шт. (всього 5189 од.) - од. зразки – 8 шт. зокрема залежно від потужності двигуна: - N ≤ 50 к. с. (міні-трактори) – 73 шт. (49 %) - N = 50-150 к. с. – 22 шт. (15 %) - N = 150-300 к. с. – 33 шт. (22 %) - N > 300 к. с. – 21 шт. (14 %)
- категорії R (причепи)	- од. зразки – 10 шт. - партія – 14 шт. (всього 81 од.) в т. ч. - одновісні – 6 шт. - двовісні – 17 шт. - тривісні – 1 шт.
- категорії S (змінні причіпні машини)	- од. зразки – 9 шт. - партія – 2 шт. (9 од.)
Всього сільськогосподарських транспортних засобів, од. техніки	5382

За результатами випробувань видані протоколи, які є доказовою базою їхньої відповідності вимогам Технічного Регламенту для подальшого оформлення і видачі Сертифіката затвердження типу ОЗТ «Прозорий офіс», а також виконувалися послуги з оформлення інформаційних матеріалів – технічних описів щодо складових частин, вузлів і характеристик транспортних засобів, які є об'єктом регулювання Технічного регламенту затвердження типу.

Двадцять шість рішень були повернуті (випробування не проводилися) – в основному через анулювання заявок від заявників, зрозумілих форс-мажорних причин, а також через те, що немає реєстрації органів Держпродспоживслужби.

Проведений аналіз роботи за період часу роботи ЦВТ у співпраці з ОЗТ «Прозорий офіс» (друга половина грудня 2021 р. – серпень 2022 р.) показав таке.

Більшість позицій (149 шт.) склали транспортні засоби категорій Т і С (колісні і гусеничні трактори) – 81 % сумарно. Транспортні засоби категорій R та S відповідно склали 13 % і 6 %. Водночас 76 шт. транспортних засобів категорії Т були представлені для оцінки відповідності вимогам ТР одиничними зразками (гусеничні трактори (категорія С) – 8 шт.), 65 рішень стосувалися партій тракторів загальною кількістю 5189 одиниць.

Найбільшу кількість колісних ТЗ склали міні-трактори з потужністю двигуна до 50 к. с. – 73 шт. (49 %). Другу за кількістю групу склали трактори з потужністю двигуна 150-300 к. с. – 33 шт. (22 %).

ТЗ категорії R були представлені на випробування як причепа і напівпричепа в основному в одно- та двовісному варіантах – 24 шт., з них 14 позицій були представлені партіями (всього 81 одиниця) (табл.1).

Змінні причіпні машини категорії S (розкидачі органічних добрив, розчинно-заправна станція, причіпний комбайн та ін.) склали незначну кількість – 11 шт. (6 %), із них дві позиції представлені партіями (2 шт. загальною кількістю 9 одиниць).

Загальна кількість одиниць с.-г. транспортних засобів, які отримали сертифікат затвердження типу за результатами оцінки відповідності вимогам безпечності, проведеної ЦВТ, склала 5382 одиниці (табл.1), без урахування кількості ТЗ, з якими проводилися роботи щодо затвердження типу випробувальними лабораторіями філій.

Водночас процедури затвердження типу с.-г. транспортних засобів на всіх етапах життєвого циклу цього процесу стосовно взаємодії ЦВТ-ОЗТ інституту проводить за принципом єдине вікно – єдина організація, яка створює для клієнтів сприятливі умови та скорочує терміни отримання сертифіката і далі відповідно реєстрацію транспортного засобу.

Висновки.

1. Надання УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого повноважень ОЗТ, як представнику держави, підтверджує її відповідність європейським правилам і нормам, які стосуються технічного регулювання і введення в обіг та експлуатацію безпечних с.-г. транспортних засобів.

Найвагомішу складову у процедурі затвердження типу займає ЦВТ інституту, який за результатами проведених випробувань створює доказову базу для відповідного рішення ОЗТ «Прозорий офіс» про видачу сертифіката затвердження типу.

Взаємодія ОЗТ та ЦВТ в рамках однієї державної організації забезпечує єдиний підхід до реалізації процедур затвердження типу, зокрема проведення випробувань, внаслідок яких отримуються достовірні дані та характеристики об'єктів випробувань: вести єдиний реєстр транспортних засобів, які отримали затвердження типу; спростити звернення підприємств за послугою затвердження типу та взаємодію з органом ринкового нагляду та органами затвердження типу інших країн.

2. Урегулювання на законодавчому рівні питання введення в обіг та експлуатацію с.-г. транспортних засобів підтримує високі темпи розвитку аграрного сектора економіки завдяки постійному технічному переозброєнню підприємств, можливості отримання кредитних ресурсів під заставу та введення в експлуатацію нової техніки з дотриманням чинних нормативно-правових норм.

Важливу роль для вирішення цієї проблеми зіграв ЦВТ інституту, який обґрунтовано довів важливість якнайшвидшого вирішення питання розблокування відомчої реєстрації.

3. Для оцінки безпечності ЦВТ проведені випробування повної номенклатури категорій транспортних засобів (Т, С, R, S) – 5382 одиниці, які отримали сертифікат затвердження типу, що забезпечило значний обсяг документального оформлення органом «Прозорий офіс» процедури затвердження типу, а також введення цієї техніки в обіг та експлуатацію.

4 ЦВТ інституту разом з ОЗТ «Прозорий офіс» постійно працює над удосконаленням та спрощенням процедур затвердження типу, зокрема методів проведення випробувань, протоколу випробувань та його наповнення для найкращої взаємодії з клієнтами.

Література

1. Закон України «Про систему інженерно технічного забезпечення агропромислового комплексу України» (№ 229-V від 05.10 2006 р.). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/229-16>.
2. Постанова Кабінету Міністрів України від 16 грудня 2015 р. № 1057. «Про визначення сфер діяльності, в яких центральні органи виконавчої влади та Служба безпеки України здійснюють функції технічного регулювання». <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1057-2015-%D0%BF>.
3. Наказ Мінагрополітики від 13.12.2021 № 428 про внесення змін до Положення державної наукової установи «Український науково-дослідний інститут прогнозування та випробування техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва імені Леоніда Погорілого». <https://minagro.gov.ua/news/dlya-vikonannya-funkciyi-zatverdzhennya-tipu-silskogospodarskih-i-lisogospodarskih-transportnih-zasobiv-ta-komponentiv-zapracyuvav-prozorij-ofis>
4. Directive 2003/37/EC of the European Parliament and of the Council of 26 May 2003 on type-approval of agricultural or forestry tractors, their trailers and interchangeable towed machinery, together with their systems, components and separate technical units and repealing Directive 74/150/EEC. URL: <http://eur-lex.europa.eu>.
5. Постанова Кабінету Міністрів України від 28 грудня 2011 р. № 1367. «Про затвердження Технічного Регламенту затвердження типу сільсько-господарських та лісогосподарських тракторів, їх причепів і змінних причіпних машин, систем, складових частин та окремих технічних вузлів».
6. Закон України «Про внесення змін до деяких законів України щодо здійснення функцій технічного регулювання у сфері агропромислового комплексу та машинобудування для агропромислового комплексу» (№ 6070-1 від 31.05.2022 р.). <https://chamber.ua/ua/success-stories/parlament-pryyniav>.
7. List of conformity assessment bodies (CABs) accredited against the requirements of the eIDAS Regulation. Список органів з оцінки відповідності

(ООВ), акредитованих відповідно до вимог Регламенту eIDAS (Європейський регламент електронної ідентифікації).

<https://ec.europa.eu/futurium/en/content/list-conformity-assessment-bodies-cabs-accredited-against-requirements-eidas-regulation.html>.

8. Національне агентство з акредитації України (НААУ). Реєстр акредитованих ООВ (Органів оцінки відповідності). <https://naau.org.ua/3-reiestr-akreditovanikh-ooov>.

МЕТОДИЧНЕ І ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИПРОБУВАНЬ ПНЕВМАТИЧНИХ ГАЛЬМІВНИХ СИСТЕМ ПРИЧЕПІВ

С. Постельга, e-mail: korm_lab@ukr.net,

УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого

ВСТУП

Зважаючи на введення в ЄС нових удосконалених норм, чинний Технічний регламент затвердження типу [1] не повністю приводить виробництво вітчизняних сільськогосподарських транспортних засобів у відповідність до сучасних європейських та міжнародних норм. Зараз ведеться підготовка до імплементації в технічне законодавство України оновлених європейських норм щодо введення в обіг сільськогосподарських та лісгосподарських транспортних засобів [2].

Однією з основних груп складових частин та вузлів, які забезпечують безпечність транспортного засобу під час руху дорогами загального призначення і вимоги до яких регламентовані окремим Делегованим Регламентом Комісії ЄС 2015/68 [3] (далі – Регламент ЄС2015/68), є гальмівні системи. Визначення ефективності роботи робочої гальмівної системи є досить складним у методичному і технічному відношенні.

У 2020 році до тематичного плану науково-випробувальних робіт УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого було включено тему «Адаптувати методи визначення параметрів пневматичних гальмівних систем сільськогосподарських причепів до вимог ЄС».

Мета роботи – удосконалення технічного та методичного забезпечення процедур визначання гальмівних характеристик пневматичних гальмівних систем причепів із застосуванням стандартизованих методів і необхідних для цього технічних засобів.

Матеріали та методики. Провівши аналіз методів визначення показників, які характеризують ефективність гальмівної системи, було встановлено, що для їхнього практичного визначення необхідне розроблення та виготовлення пневматичного імітатора, який би замінював трактор для привода в дію

гальмівної системи причепа, а також серійних засобів виміральної техніки: приладу для визначення ефективності гальмівних систем «Ефект-02», ваг автомобільних переносних, пневматичних манометрів та пірометра.

Аналізуванням методів проведення тесту типу 0, тесту типу 1, та тесту на аварійне гальмування відповідно до Додатку II Регламенту № 2015/68 встановлено, що вони аналогічні, але проводяться за різних умов:

- тест типу 0: температура на зовнішній поверхні гальмівних барабанів менше 100 °С;
- тест типу 1: температура на зовнішній поверхні гальмівних барабанів більше 100 °С;
- аварійне гальмування: температура на зовнішній поверхні гальмівних барабанів менше 100 °С; аварію необхідно імітувати розгерметизацією магістралі живлення (червона).

Ефективність гальмування причіпного транспортного засобу під час тестів 0, I та автоматичного (аварійного гальмування) визначають на підставі коефіцієнта гальмування трактора з причіпним транспортним засобом під час гальмування лише причіпного транспортного засобу. Двигун трактора повинен бути вимкнений під час випробування на гальмування.

Коефіцієнт гальмування трактора з причіпним транспортним засобом обчислюють за такою формулою:

$$Z_{R+M} = \frac{d_m}{g},$$

де:

Z_{R+M} - коефіцієнт гальмування трактора з причіпним транспортним засобом

d_m – середнє значення повного уповільнення;

g – прискорення вільного падіння, 9,81 м/с²

Коефіцієнт гальмування причіпного транспортного засобу обчислюють за такою формулою (розрахунок за статичними реакціями):

$$Z_R = (Z_{R+M} - R) \cdot \frac{F_M + F_R}{F_R} + R$$

де:

Z_R – коефіцієнт гальмування причіпного транспортного засобу;

F_M – загальна статична реакція дорожнього покриття на колеса трактора;

F_R – загальна статична реакція дорожнього покриття на колеса причепа;

R – коефіцієнт опору коченню : 0,02 у випадку транспортних засобів, максимальна конструкційна швидкість яких не перевищує 40 км/год.

Час спрацювання гальм причіпного транспортного засобу вимірюють без трактора, застосовуючи імітатор гальмування, до якого приєднані з'єднувальні головки магістралі живлення, пневматичної магістралі керування.

Ємність енергетичного (их) резервуару (ів) причепа вимірюють з використанням імітатора гальмування та пневматичних манометрів.

Результати і обговорення. У ході виконання НДР було розроблено механічну частину та блок керування (БК) і виготовлено зразок пневматичного імітатора гальмування (рис. 1) до складу якого входять: резервуар (ресивер); сполучні головки для під'єднання живильної магістралі і магістралі керування пневматичної гальмівної системи причепа; кран для заповнення ресивера повітрям та регулювання тиску повітря в ньому; електромагнітний клапан подачі повітря в гальмівну систему причепа і подачі сигналу для початку відліку часу таймером; штуцер з дросельним отвором; датчик тиску; манометр для контролю необхідного тиску в ресивері; блок керування (БК).



Рисунок 1 – Пневматичний імітатор гальмування

Після проведення метрологічної атестації імітатора гальмування отримано його такі технічні характеристики: місткість ресивера – 30 л; діаметр дросельного отвору – 4,18 мм; внутрішній діаметр металевої трубки, яка з'єднує штуцер з дросельним отвором і з'єднувальну головку причепа – 15 мм, довжина металевої трубки – 2170 мм; об'єм порожнини металевої трубки – 384см³; об'єми калібрувальних резервуарів – 380 см³ та 1157 см³; внутрішній діаметр з'єднання гальмівної головки і калібрувальних резервуарів – 10 мм. [4]

За результатами метрологічної атестації всі механічні складові частини стенду відкалібровані відповідно до вимог Регламенту(ЄС) 2015/68.

Апробацію імітатора гальмування проводили під час визначення гальмівних характеристик пневматичної гальмівної системи проводили на двовісному бункері-накопичувачі. Тести проводили на прямолінійній ділянці дороги загального призначення довжиною 1500 м з сухим асфальтовим покриттям та на майданчику завдовжки 50 м та завширшки 25 м з рівною бетонною поверхнею з ухилами, які відповідають нормативним вимогам.

Результати визначення параметрів гальмівної системи причепа під час тестів типу 0, 1 та аварійного гальмування наведено в таблицях 1, 2, 3. [5].

Таблиця 1 – Результати тесту 0

Параметр	Номер досліду								Серед- не зна- чення
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Сповільнення, d_m , м/с ²	3,24	3,07	2,98	2,83	2,45	2,12	1,97	1,79	2,56
Швидкість до гальмування, км/час	39,6	43,9	42,2	41,4	35,7	37,5	43,5	40,8	40,6
Тиск у гальмівній камері після гальмування, кПа	550	500	470	450	400	350	320	300	416
Температура на гальмівних барабанах, С°	44	72	55	75	59	69,5	73	74	64,8
Тиск у керувальній магістралі, кПа	650	590	540	500	450	410	370	350	483
Коефіцієнт гальмування автопоїзда Z_{R+M}	0,33	0,31	0,3	0,29	0,25	0,22	0,20	0,18	0,26
Коефіцієнт гальмування бункера Z_R	0,56	0,53	0,51	0,49	0,42	0,36	0,33	0,3	0,44

Таблиця 2 – Результати тесту 1

Параметр	№ досліду							Серед- нє
	1	2	3	4	5	6	7	
Сповільнення, d_m , м/с ²	2,3	2,56	2,56	2,24	2,3	2,11	2,09	2,31
Швидкість до гальмування, км/час	39	39,1	40,4	44,7	40,1	45	40,6	41,3
Тиск у гальмівній камері після гальмування, кПа	560	525	500	450	350	310	300	427,9
Температура на гальмівних барабанах, С°	100	114	119	105	116	121	127	114,6
Тиск у керувальній магістралі, кПа	600	550	500	450	400	360	340	457
Коефіцієнт гальмування автопоїзда Z_{R+M}	0,23	0,26	0,26	0,23	0,23	0,22	0,21	0,23
Коефіцієнт гальмування бункера Z_R	0,36	0,4	0,4	0,35	0,36	0,33	0,33	0,36

Таблиця 3 – Результати аварійного гальмування

Параметр	№ досліду						Середнє
	1	2	3	4	5	6	
Сповільнення, d_m , м/с ²	2,13	1,99	2,05	2,24	2,17	1,89	2,31
Швидкість до гальмування, км/час	42,2	39,2	38,9	40,4	37,6	39,3	39,7
Тиск у гальмівній камері після гальмування, кПа	560	525	500	450	350	310	427,9
Температура на гальмівних барабанах, С°	107	116	120	127	131	139	123
Тиск у керувальній магістралі, кПа	600	550	500	450	400	360	457
Коефіцієнт гальмування автопоїзда Z_{R+M}	0,28	0,20	0,21	0,23	0,22	0,19	0,22
Коефіцієнт гальмування бункера Z_R	0,36	0,34	0,35	0,38	0,37	0,32	0,35

За отриманими результатами тестів побудували графіки зіставлення тестів 0, I та аварійного гальмування завантаженого бункера з межами сумісності (рис.2).

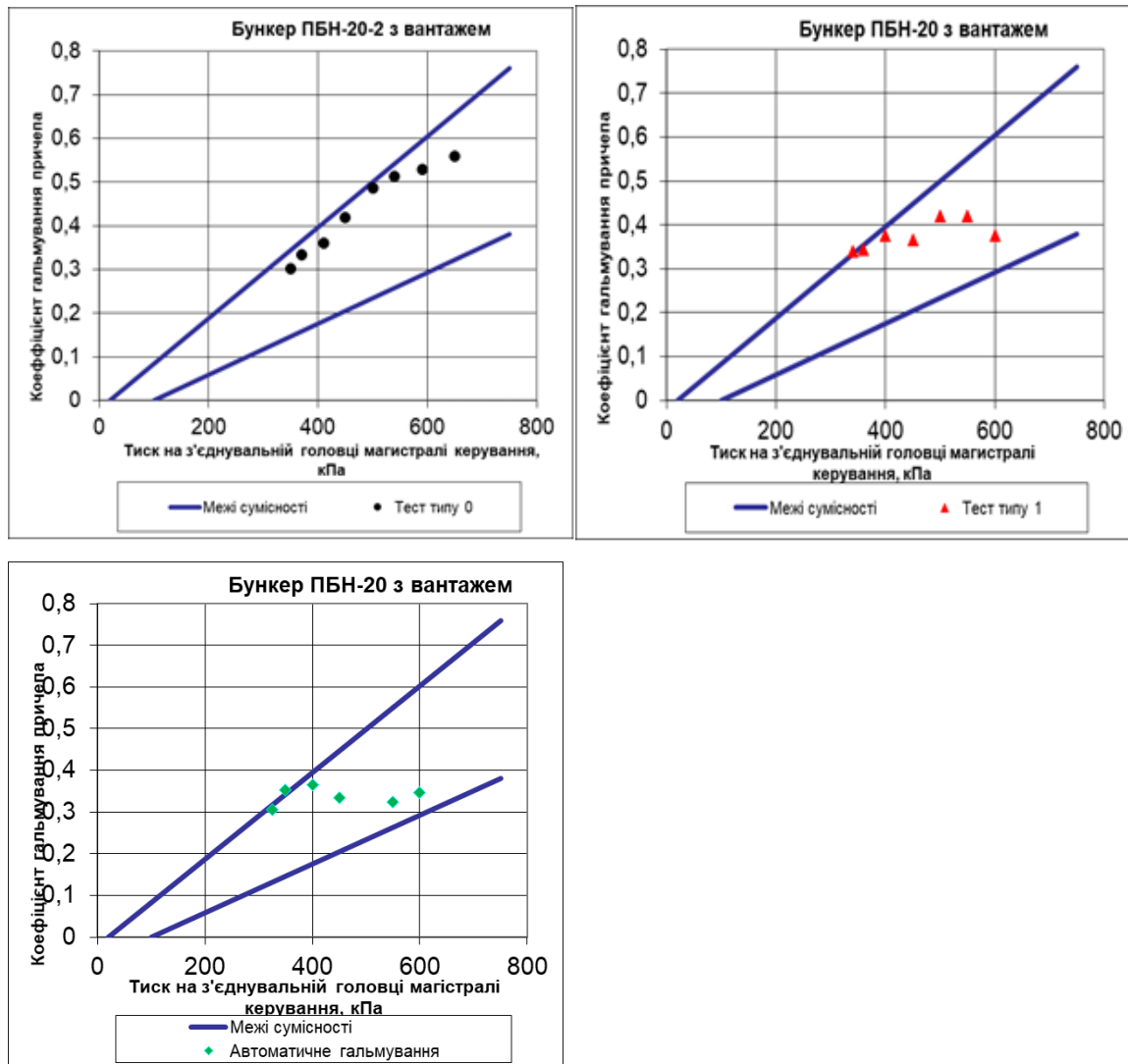


Рисунок 2 - Діаграма зіставлення результатів тестів 0, I та аварійного гальмування завантаженого бункера з межами сумісності

Для визначення часу спрацьовування під'єднали головки живильної і керувальної магістралі бункера-навантажувача до відповідних головок на імітаторі, а провід живлення блока керування імітатора під'єднали до джерела змінної напруги 220 В.

Під'єднали шланг компресора до входного патрубка ресивера імітатора і під'єднали датчик тиску Р2 імітатора до гальмівної камери, яка є найбільш віддаленою.

Заповнили ресивер імітатора повітрям до тиску 650 кПа, увімкнули БК імітатора в режим «Робота» і вибрали режим «Тестування». Після натискання кнопки «Start» на дисплеї БК імітатора з'явиться значення часу спрацьовування гальмівної системи у мілісекундах. [2] (табл. 4).

Таблиця 4 – Результати визначення часу спрацювання гальм

Показник	Значення показника п. 4, Додаток III (2015/68)	Результати випробувань			
		1 повт	2 повт	3 повт	Середнє значення
		ПБН-20-2			
Тиск у керувальній магістралі, кПа	650,0	650,0	650,0	650,0	650,0
Час спрацювання, с	0,4 (от 65 кПа до 490 кПа)	0,413	0,412	0,413	0,413
Тиск у гальмівній камері, кПа	Не регламентується	550	550	550	550

Для визначення потужності накопичувачів енергії заповнили ресивер бункера повітрям до тиску орієнтовно 950 кПа, від'єднали головку живильної магістралі від імітатора, водночас тиск у ресивері транспортного засобу впаде до необхідного для випробувань значення 850 кПа.

Від'єднали шланг компресора від патрубку імітатора і через кран відрегулювали тиск в ресивері імітатора до значення 750 кПа. Натиснули кнопку «Start» БК імітатора в режимі «Робота». Повторили процедуру 8 раз. [4]

Значення тиску, відображені на манометрі гальмівної камери занесли в таблицю 5.

Таблиця 5 – Результати визначення ємності накопичувачів енергії

Показник	Значення показника п.1.3 (Регламенту (ЄС) 2015/68) (до тесту)	Результати випробувань								
		Повторність повних спрацювань гальмівної системи								
		0	1	2	3	4	5	6	7	8
Тиск у ресивері ТЗ, кПа	850,0 п. 1.2.2.3	850	770	690	630	575	530	480	460	410
Тиск у магістралі керування, кПа	750,0	750	750	750	750	750	750	750	750	750
Тиск у гальмівній камері, кПа	Після восьми повних спрацювань гальмівної системи не менше 50 % значення після першого спрацювання	Перед кожним спрацюванням 0	750	680	620	570	530	470	450	400

Отримані результати випробувань ефективності пневматичної гальмівної системи бункера-накопичувача відповідають вимогам Додатків II, II, IV Регламенту (ЄС) 2015/68. [5]

Для досягнення необхідної точності вимірювань параметрів та характеристик, відтворюваності результатів вимірювань розроблена детальна робоча інструкція, в якій наведені загальні вказівки з експлуатації, загальні заходи безпеки, покроковий порядок вимірювання показників з інформацією про встановлення під'єднання та налаштування засобів вимірювальної техніки та випробувального обладнання. Під час розроблення робочої інструкції ретельно вивчено призначення, технічні характеристики та порядок застосування серійних засобів вимірювальної техніки для вимірювання та визначення необхідних параметрів та характеристик для тестування пневматичних гальмівних систем [6].

За результатами виконаних етапів НДР розроблено першу редакцію СОУ УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого «Сільськогосподарська техніка. Пневматичні гальмівні системи сільськогосподарських причепів. Методи випробовувань», яку було розіслано на відгук у 6 організацій. За результатами зауважень та пропозицій розроблено остаточну редакцію СОУ.

Висновки.

1. Удосконалення методичного та технічного забезпечення випробувань із визначення ефективності пневматичних гальмівних систем сільськогосподарських причепів визначають із необхідною точністю і достовірністю їхніх параметрів для оцінки відповідності гальмівної системи європейським вимогам.

2. Розроблена робоча інструкція надає дієвий інструмент випробувачам для практичного визначення параметрів та характеристик робочих пневматичних гальмівних систем сільськогосподарських причепів.

3. Розроблення СОУ УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого врегульовує нормативну правомірність застосування методів випробувань, передбачених Регламент Комісії ЄС 68/2015, для вітчизняного ринку.

Література

- 1 Постанова КМУ від 28 грудня 2011 р. № 1367. Про затвердження Технічного регламенту затвердження типу сільськогосподарських та лісгосподарських тракторів, їх причепів і змінних причіпних машин, систем, складових частин та окремих технічних вузлів. М. Київ.
2. Кравчук В., Цема Т., Афанасьєва С., Лисак Л., Рижкова С., Горбатова І. (2018). Порівняльний аналіз національних вимог для затвердження типу тракторів, причепів, причіпних машин з новими європейськими нормами / Зб. наукових праць УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. Випуск 22 (36). – С. 43-51.
3. Commission delegated Regulation (EU) 2015/68 of 15 October 2014 supplementing Regulation (EU) No 167/2013 of the European Parliament and of the Council with regard to vehicle braking requirements for the approval of agricultural and forestry vehicles. [Електронний ресурс]: – Режим доступу: <http://eurlex.europa.eu/>
4. Адаптувати методи визначення параметрів пневматичних гальмівних систем сільськогосподарських причепів до вимог ЄС (Регламент Комісії ЄС 68/2015): Звіт про НДР (пром.); 4.3 / УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого; керівник Постельга С.С.; виконавець Філоненко Л.М. [та ін.] Дослідницьке, 2020. – 32 с. – реєстр. № 0120U103097.
5. Адаптувати методи визначення параметрів пневматичних гальмівних систем сільськогосподарських причепів до вимог ЄС (Регламент Комісії ЄС 68/2015): Звіт про НДР (пром.); 4.5 / УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого; керівник Постельга С.С.; виконавець Бойко Л.В. [та ін.]. Дослідницьке, 202. – 57 с. реєстр. № 0120U103097.
6. Вимірювач ефективності гальмівних систем «Ефект». Керівництво з експлуатації, 2004 р.

НАУКОВА ГІПОТЕЗА НЕУСТАЛЕНОГО РУХУ ТРАКТОРНО-ТРАНСПОРТНОГО ПОЇЗДА

Калінін Є., д-р. техн. наук, проф., kalinin@nubip.edu.ua,

Колеснік І., канд. техн. наук, доц., ivankolesnik@nubip.edu.ua,

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Вступ. Наукова гіпотеза полягала у розробленні наукових засад процесу динамічної взаємодії трактора та причепа, яка передбачає використання параметрів тягово-зчіпного пристрою зі зміною якісних та кількісних їхніх показників, спрямованих на покращення експлуатаційних властивостей та паливної економічності тракторно-транспортного поїзда (ТТП).

Неусталеним рухом прийнято називати рух тракторно-транспортного поїзда на певних ділянках дороги зі змінною швидкістю. Неусталений рух є невід’ємною частиною, наочним проявом динамічної взаємодії зчіпних мас тракторно-транспортного поїзда в процесі його експлуатації. Він супроводжується постійною зміною швидкісних і навантажувальних режимів у складових ланках транспортних поїздів, яскраво вираженою нерівномірністю опору їхнього пересування.

Невстановлений характер навантаження призводить до передчасного виникнення тягово-зчіпних та швидкісних бар’єрів, збільшення питомої витрати палива, різкого погіршення умов праці оператора. Неусталений рух ТТП обумовлений дорожньо-кліматичними, експлуатаційними та конструкційними особливостями.

Досвід експлуатації тракторних поїздів та матеріали відомих досліджень [1, 2, 3] показують, що зростання нерівномірності опору на пересування транспортного поїзда є однією з основних причин, які обмежують швидкість руху, вантажопідйомність та корисне завантаження двигуна.

Мета роботи – підвищення динамічних і енергетичних показників тракторно-транспортного поїзда на транспортних роботах в аграрному секторі вдосконаленням тягово-зчіпних з’єднань.

Матеріали і методи. Дорожньо-кліматичні особливості виражаються різноманітністю стану та властивостей дорожнього фону, його нерівностями, напрямом та нерівномірністю повітряного потоку.

До експлуатаційних причин відносяться: широкий діапазон зміни швидкостей руху і режимів роботи, термін служби, стан, склад і структура транспортного агрегата, вид і властивості вантажів, які перевозяться, класність оператора та інші.

Основними конструкційними особливостями є: потужність ТТП, його тягово-зчіпні властивості, маса, плавність руху, геометричні параметри тягача, причіпного складу, а також окремих вузлів та елементів, динамічні якості.

Більшість із зазначених вище специфічних особливостей транспортних операцій, як встановлено у ряді робіт [1, 4, 3], визначають і характер неусталеного навантаження під час пересування складових ланок тракторно-транспортних поїздів. Отже, неусталений рух транспортного агрегата перебуває в тісному причинно-наслідковому зв'язку з неусталеним навантаженням (опором) під час його переміщенні. Тому будь-яке коливання опору переміщенню транспортного поїзда або його складових ланок призводить до постійної зміни швидкісного режиму і навпаки, будь-яка зміна швидкісного режиму ТТП відбивається на характері динамічного процесу взаємодії зчіпних мас.

Результати і обговорення. Неусталений рух транспортного агрегата так само, як і характер неусталеного навантаження під час його переміщення, виникають внаслідок впливу випадкових і періодичних збурювальних факторів. Тому нерівномірність руху та навантаження ТТП у процесі експлуатації можуть бути викликані впливом збурювальних зовнішніх факторів (нерівномірність дорожнього фону, різні його властивості та стан). Конструкційні та експлуатаційні особливості більшості сучасних транспортних агрегатів сприяють тому, що їх динамічна система внаслідок своєї недосконалості (неузгодженості складових ланок і вантажу, який перевозиться, тягових і гальмівних моментів на мостах тягача, незбалансованості мас, які переміщуються) сама є джерелом виникнення збурювальних сил. Особливо яскравим прикладом є підвищення нерівномірності навантаження зі збільшенням

зазорів у тягово-зчіпних пристроях за суттєвої зміни обертів колінчастого вала двигуна.

Отже, якщо дія збурювальних факторів, які визначають неусталений характер навантаження, носить як випадковий, так і періодичний характер, то способи поліпшення динаміки ТТП повинні бути, насамперед, пов'язані з удосконаленням самої динамічної системи, з розробленням та обґрунтуванням її якісно нових параметрів. Динамічна система ТТП має бути пристосована до стійкого поглинання (стабілізації) збурювальних впливів [5].

Одним з таких способів формування динамічних якостей транспортних агрегатів є використання пружних тягово-зчіпних пристроїв, розроблення та обґрунтування їхніх основних параметрів.

Виходячи з поставленої мети та наведеної наукової гіпотези, можна зробити висновок, що коло вирішуваних питань характеризується комплексним взаємозв'язком великої кількості факторів. Вибір оптимального числа найбільш значущих факторів дає змогу судити і про завершеність роботи і, що важливо, прогнозує динаміку тракторно-транспортного поїзда з урахуванням сил, які виникають під час експлуатації [6].

На цій підставі до факторів, які визначають динаміку ТТП, віднесено питання вивчення, аналізу та оптимізації такого кола завдань:

- визначення впливу неусталеного руху ТТП на величину сили опору руху;
- характер взаємодії пневматичного колеса з опорною поверхнею;
- характер динамічного процесу під час взаємодії зчіпних мас ТТП;
- визначення параметрів, які впливають на нерівномірність тягового зусилля трактора;
- розрахунково-експериментальне моделювання прийнятих рішень;
- розробка технічних рішень, які підвищують ефективність використання ТТП.

Висновки. У процесі руху тракторно-транспортного поїзда трактор витрачає роботу на гасіння сили інерції причепа. Характер динамічного процесу взаємодії зчіпних мас ТТП визначається випадковістю і періодичністю

збурювальних впливів і породжується самою динамічною системою. Основним показником, який характеризує динаміку ТТП, є нерівномірність опору його переміщенню, на яку істотно впливають власна маса, конструкційні особливості, величина зовнішніх збурювальних сил і характер їхніх зміни. Збільшення швидкості руху, коефіцієнта співвідношення зчіпних мас, запасу потужності, вільного ходу між тяговими та зчіпними елементами, поряд зі зменшенням кількості складових ланок ТТП та їхньої загальної маси сприяють зростанню нерівномірності опору його переміщенню.

Література

1. Зінько Р. В. Основи конструктивного синтезу та динаміка спеціальних автомобілів і технологічних машин: монографія / Р. В. Зінько, Л. В. Крайник, О. З. Горбай. Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2019. – 344 с.
2. Смирнов Г. А. Теория движения колесных машин / Г. А. Смирнов. Москва: Машиностроение, 1990. – 352 с.
3. Вплив навантаження на тягово-зчіпний пристрій на стійкість руху автопоїзда категорії М1 у перехідних режимах руху / В. П. Сахно, Р. М. Кузнецов, В. В. Стельмашук, Л. С. Козачук // Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. Луцьк: ЛНТУ, 2015. № 1(3). – С. 148-157.
4. Крінко М. С. Системний аналіз ефективності швидкісних тракторів у складних польових умовах. - Мн.: Наука і техніка, 1980. – 208 с.
5. Ovsyannikov S., Kalinin E., Koliesnik I. Oscillation process of multi-support machines when driving over irregularities. Advances in Intelligent Systems and Computing, 2020. – С. 307-317.
6. Information system for controlling transport-technological unit with variable mass / Kalinin Y., Klets D., Shuliak M., Kholodov A. CEUR Workshop Proceedings, 2020. – С. 303-312.

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РУХУ ТРАКТОРНО- ТРАНСПОРТНОГО ПОЇЗДА З ПРУЖНОДЕМПФУВАЛЬНИМИ ЗВ'ЯЗКАМИ

Колеснік І., канд. техн. наук, ivankolesnik@nubip.edu.ua,

Колеснік Ю., julianakolesnik26@gmail.com,

Національний університет біоресурсів і природокористування України,

Козлов Ю.,

Харківська філія УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, urgenurgen@gmail.com

Вступ. Трактор є складною механічною системою, до якої входить велика кількість елементів, з'єднаних різного роду зв'язками. У процесі руху відбуваються переміщення його окремих елементів один відносно одного, які суттєво впливають на загальні параметри руху, а, отже, і на керованість та стійкість енергетичного засобу. Дослідження параметрів руху трактора з урахуванням усіх зв'язків між його окремими елементами є завданням великої складності. Тому трактор під час аналізу його керованості та стійкості замінюється розрахунковою моделлю, яка, більшою чи меншою мірою, відображає реальний об'єкт. Складність розрахункової моделі і її наближення до реального транспортного засобу диктується рядом міркувань [1].

Мета роботи. Підвищення ефективності роботи тягово-зчіпних пристроїв тракторно-транспортного поїзда з урахуванням зв'язків між його окремими елементами.

Матеріали і методи. Методологічною основою роботи є використання системного підходу та раціонального поєднання теоретичних досліджень. Вирішуючи, поставлені у роботі, проблеми, використовувалися методи морфологічного аналізу інформаційних джерел та синтезу окремих рішень для досягнення поставленої мети.

Результати і обговорення. Вибираючи розрахункову модель, насамперед, слід урахувувати мету задачі, яка розв'язується. Наприклад, в тих випадках, коли потрібно встановити якісні характеристики трактора загалом, його розрахункова модель може бути простою і в ній можуть не братися до уваги характеристики зв'язків окремих елементів з кузовом або рамою (наприклад, характеристики підвіски передніх та задніх коліс; характеристики рульової трапеції; механізмів, які розподіляють крутний момент між колесами та ін.). Водночас, якщо потрібно отримати більш менш точні кількісні результати, то частину цих характеристик, які істотно впливають на параметри руху, необхідно враховувати. Причому для різних умов руху та транспортних засобів, виконаних за різними схемами, слід враховувати різні зв'язки та з неоднаковим ступенем спрощення їхніх характеристик.

Найбільш поширеною є розрахункова модель, яку можна назвати плоскою одномасовою. У цьому випадку об'єкт представляється як двоколісний візок. Колеса шарнірно пов'язані з корпусом візка, причому одне з них (найчастіше заднє) має відносно корпусу тільки один ступінь свободи – обертання відносно своєї осі, а інше – два ступені свободи – обертання відносно тієї ж осі та поворот відносно вертикальної осі, яка розташована в поздовжній площині (кероване колесо). Тяговим є некероване колесо.

Іншим варіантом цього представлення є чотириколісна модель. У такому разі кожне з двох коліс осі вважається навантаженим однаковими силами (нормальними, дотичними та бічними). Крім того, приймається, що обоє коліс кожної з осей мають однакові кути відведення, а обоє керовані колеса, повернені на той самий кут.

Складаючи рівняння руху, розглядаються не сили, які діють на кожне з коліс, а сумарні сили, які діють на обоє коліс передньої та задньої осей. Отже, двоє коліс кожної осі зливаються наче в одне. Подібна розрахункова схема використовується як основна в роботах М. Оллея, Л. Губера, Я. М. Певзнера, Є. А. Чудакова, М. Жульєна, Д. Віткома та У. Міллікена, Д. Нордіна та ін.

Для отримання математичної моделі, яка здатна описати рух тракторного поїзда у складі трактора та кількох причіпних ланок, використаний метод декомпозиції [3, 4], коли дослідження системи проводиться за результатами дослідження елементів системи та складанням отриманих фрагментів. Отже, приймається, як спрощення, відповідність двох коліс, розташованих на одній осі, одному «еквівалентному», яке розташоване на перетині цієї осі та поздовжньої площини ланки. Відповідні цим колесам силові навантаження, підсумовуються та прикладаються до «еквівалентного» колеса.

Наступний вид прийнятої математичної моделі – одномасова плоска модель з додаванням більш детального розподілу всіх сил, які діють у площині, на кожне окреме колесо. Разом з тим беруться до уваги нахил керованих коліс у вертикальній площині та розподіл крутних моментів на тягових колесах трактора. Ця схема мало чим відрізняється від описаної вище, але більш детально прикладає на колесах, а значить і до причепа, сили, які діють від елементів підвіски ланок.

Найбільш докладною для розгляду руху системи механічних тіл є просторова схема (іноді, як спрощення, у розрахунках приймають просторову схему для досліджуваної ланки і плоскі схеми – для вивчення руху інших ланок. Водночас, звичайно ж, береться до уваги і допустима точність розв'язку [5].

Багатомасова плоска модель допомагає вирішити вже набагато більше завдань, але все ж таки не дає змоги об'єктивно визначати такі якісні параметри, як плавність руху, спектр прискорень всіх матеріальних точок механічної системи і т. п.

Багатомасова просторова механічна система дає змогу якісно по-іншому вирішувати багато завдань з визначення властивостей елементів підвіски, розрахунків міцності рам та інших елементів, визначати вплив параметрів пружної системи «дорога-колесо-підресорена частина» на плавність, рівномірність руху та експлуатаційні якості енергетичного засобу. Водночас виникають труднощі під час моделювання поверхні, по якій відбувається рух всіх елементів механічної системи. Доволі часто поверхня моделюється для вузького кола завдань як закон зміни координат відносно головної координатної системи. Приміром, під час руху всієї механічної системи з послідовним проходженням

усіх її ланок певних нерівностей, береться вплив від однієї окремо взятої нерівності (зазвичай параметри нерівностей під час моделювання експериментів змінюють в межах заздалегідь відомих значень).

Поверхня визначається координатами з використанням ймовірнісного закону розподілу висот та ширини нерівностей і описується декількома параметрами (спектральні щільності висоти нерівностей та їхніх радіусів) [6, 7].

Висновки. З вищевикладеного можна зробити висновок, що дослідження параметрів руху трактора з урахуванням факторів та зв'язків, між окремими елементами, є складним завданням, вирішення якого із застосуванням ефективної розрахункової моделі якісно покращить розгляд параметрів руху ТТП.

Література

1. Вплив коливання швидкості руху МТА на надійність технологічної операції / М. П. Артьомов, М. Л. Шуляк, І. В. Колеснік, Ю. Ю. Козлов. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. 2015. Випуск 163. – С. 84-89.

2. Колесник И. В. Критерии и оценочные показатели маневренности трактора на транспортных работах. MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. 2017. Том 18, Випуск 4. – С. 73-77.

3. Разоренов Н. А. Кальченко Б. И. Кинематика криволинейного движения трехзвенного автопоезда / Б. И. Кальченко, В. В. Редчиц, Е. В. Головина // Вісник НТУ “ХПІ”: Транспортне машинобудування. 2017. № 4(1236). – С. 21-28.

4. Динамика транспортно-тяговых колесных и гусеничных машин / Е. Е. Александров, Д. О. Волонцевич, В. А. Карпенко, А. Т. Лебедев, В. А. Перегон, В. Б. Самородов, А. Н. Туренко. Х.: ХГАДТУ. 2001. – 642 с.

5. А. Лебедєв, М. Артьомов, О. Кот Тягово-енергетичний аналіз неусталеного руху тракторного агрегату. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. 2013, Випуск 17 (2). – С. 271-279.

6. Usage of information technologies for increasing quality of transport operations / Pankova O., Shulyak M., Sirovitskiy K., Koliesnik I., Gaek E. SHS Web of Conferences 2019. (Vol. 67, p. 05002). EDP Sciences.

7. Ovsyannikov S., Kalinin E., Koliesnik I. Oscillation process of multi-support machines when driving over irregularities. Advances in Intelligent Systems and Computing, 2020. – C. 307-317.

ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ПРУЖНОДЕМПФУВАЛЬНИХ ЗВ'ЯЗКІВ У СИСТЕМІ АМОРТИЗАЦІЇ ТЯГОВО-ЗЧІПНОГО З'ЄДНАННЯ ПРИЧЕПА ТА ТЯГАЧА

Колєсник І., канд. техн. наук, доц., ivankolesnik@nubip.edu.ua,

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Вступ. Численні дослідження в галузі динаміки транспортних агрегатів спонукали дослідників до розроблення та створення великої кількості варіантів тягово-зчіпних пристроїв, робота яких спрямована на покращення одного чи кількох експлуатаційних показників [1, 4, 5].

Різноманітність конструкцій тягово-зчіпних пристроїв ґрунтується на широкому виборі матеріалів та систем.

Гумові буфери, як найбільш простий елемент тягово-зчіпного пристрою, мають несуттєву деформацію як за малих, так і за великих навантажень. Вони прості у виготовленні, але на їхню працездатність істотно впливає температура навколишнього середовища.

Пружинні тягово-зчіпні пристрої прості у виготовленні, надійні, мають суттєву деформацію за високих навантажень. Крок та діаметр навивки пружин мають широкий діапазон. Для їхнього виготовлення можуть використовуватись різні матеріали.

Пневматичні тягово-зчіпні пристрої порівняно з пружинними тягово-зчіпними пристроями та гумовими буферами мають переваги. Вони мають низьку матеріаломісткість і широкий діапазон деформації, а також можливість сприймати великі навантаження під час регулювання жорсткості. Але поряд з перевагами ці пристрої мають і недоліки. Пневматичні тягово-зчіпні пристрої на відміну від інших не завжди прості у виготовленні, мають порівняно невисоку надійність у роботі та зручність в обслуговуванні під час експлуатації.

Мета роботи. Підвищення продуктивності тракторних поїздів удосконаленням конструкції тягово-зчіпних з'єднань на основі зниження динамічних навантажень на транспортних роботах.

Матеріали і методи. Найбільш доцільними тягово-зчіпними пристроями у використанні під час експлуатації транспортних засобів є комбіновані тягово-зчіпні пристрої (рис. 1), робота яких заснована на роботі пружин, гумових буферів, а також на роботі гідравлічних та пневматичних систем, які входять до їхньої конструкції.



Рисунок 1 - Класифікація тягово-зчіпних пристроїв

На основі аналізу наявних тягово-зчіпних пристроїв, які містять пружні елементи, була розроблена конструкція універсального пружно-демпфувального пристрою багатоланкового тракторно-транспортного поїзда [2, 3], впровадження якого дасть змогу:

- забезпечити зниження динамічних навантажень тракторно-транспортних поїздів;
- забезпечити підвищення коефіцієнта використання машинно-тракторного парку та продуктивності тракторів;
- створити комфортні умови роботи оператора, забезпечити безпеку руху та стійкість на повороті;
- оцінити техніко-економічну ефективність застосування тягово-зчіпного пристрою, яка рекомендується.

Результати та обговорення. Досвід експлуатації тракторно-транспортних поїздів показує, що неусталений рух супроводжується нестабільністю

навантажень і є однією з основних причин, які обмежують швидкість руху, вантажопідйомність, корисне завантаження двигуна.

Використовуючи величину та діапазон зміни узагальнених оціночних показників збурювальних впливів, були визначені основні складові, в яких проявляються ці впливи: a – коефіцієнт, який враховує підвищення опору руху в моменти рушання з місця; j – коефіцієнт, який враховує прискорення зчіпних мас; f – коефіцієнт опору коченню кожної ланки; φ – коефіцієнт, який враховує тягово-зчіпні якості транспортного засобу та k – узагальнений коефіцієнт [1, 5].

Для введення коефіцієнта k у конструкцію транспортного засобу розглянуто триланкову схему з урахуванням дії основних факторів (рис. 2).

Теоретично досліджуючи динамічну систему (рис. 2), вона була описана такими диференційованими рівняннями:

$$\frac{m_1 m_2 (x_2 - x_1) + m_1 m_3 (x_3 - x_1)}{m_1 + m_2 + m_3} = k_{q1} (x_1 - x_2) + k_{v1} (\dot{x}_1 - \dot{x}_2) + f_1 (\dot{x}_1 - \dot{x}_2). \quad (1)$$

$$\frac{m_1 m_3 (x_3 - x_1) + m_2 m_3 (x_3 - x_2)}{m_1 + m_2 + m_3} = k_{q2} (x_2 - x_3) + k_{v2} (\dot{x}_2 - \dot{x}_3) + f_2 (\dot{x}_2 - \dot{x}_3). \quad (2)$$

де m_1, m_2, m_3 – відповідно, маса першої, другої та третьої складової ланки транспортного засобу; $\ddot{x}_2 - \ddot{x}_1, \ddot{x}_3 - \ddot{x}_1, \ddot{x}_3 - \ddot{x}_2$ – відносні прискорення складових ланок; $\dot{x}_2 - \dot{x}_1, \dot{x}_3 - \dot{x}_1, \dot{x}_3 - \dot{x}_2$ – швидкості відносних переміщень зчіпних мас; $k_{q2} (x_2 - x_3), k_{q1} (x_1 - x_2)$ – нелінійні характеристики демпфувальних елементів першого та другого зчіпних пристроїв, які залежать від величини зусиль у тягових ланках; k_{v1}, k_{v2} – відповідно, коефіцієнти демпфування першого та другого зчіпних пристроїв, які враховують зміни відносних швидкостей руху зчіпних мас; $f_2 (\dot{x}_2 - \dot{x}_3), f_1 (\dot{x}_1 - \dot{x}_2)$ – нелінійні характеристики пружних елементів першого та другого зчіпних пристроїв.

Наведені вирази відображають загальну характеристику раціональної взаємодії зчіпних мас транспортних засобів.

енергії від однієї складової ланки до іншої. Ця робота може здійснюватися як на прямому, так на зворотному та повному циклах спрацьовування пружного зв'язку залежно від величини та часу впливу випадкових збурювальних сил [6].

Залежностями P_{np} , F_q ; F_{vmax} - F_{vmin} . представлені характеристики зміни жорсткості пружних елементів, які вводяться між зчіпними масами конструкції, які описують роботу демпфувальних елементів конструкції, диференційованих за навантаженням, яке виникає між складовими ланками, та оптимальний діапазон кількості роботи, який передається від однієї складової ланки до іншої за різними циклами спрацьовування пружного зв'язку.

За дії збурювальних сил, потужність блокування тягової ланки буде описана кривими F_{v1max} прямого напівциклу та F_{v2max} зворотного напівциклу. Зі зменшенням величини збурювальних впливів робота з блокування тягової ланки може знизити на цих напівциклах до величин, які описуються кривими F_{v1min} та F_{v2min} .

Під час збурювального впливу протягом тривалого проміжку часу, пружний зв'язок буде здатний в автоматичному режимі здійснювати блокування тягової ланки за характеристикою F_{vmax} повного циклу. Величина площі, яка описує роботу блокування відносних переміщень зчіпних мас, які перебувають у діапазоні F_{vmax} - F_{vmin} , буде залежати від потужності збурювального впливу.

У випадках виникнення збурювальних впливів, які перевищують за своєю потужністю звичайні порядки робочих навантажень, роботу з їхнього блокування повинен виконувати гідравлічний автомат демпфувальної системи.

Характеристика його роботи представлена на діаграмі зміни пружних та демпфувальних сил зоною $ABCD$ [7].

Для отримання мінімальної нерівномірності опору переміщення та максимально-корисного використання сили тяги транспортного засобу, демпфувальні елементи пружного зв'язку повинні мати властивості, які забезпечують плавні перехідні режими блокування відносних переміщень зчіпних мас. Ділянки кривих, які забезпечують перехідні режими включення в роботу демпфувальних систем, представлені на діаграмі залежностями KM і NF .

Висновки. Подані теоретичні положення можуть визначити втілення розробки низки конструкцій з удосконаленням транспортних засобів за представленими характеристиками, які отримають динамічну систему, яка здатна стійко реагувати на вплив будь-яких збурювальних факторів. Це, зі свого боку, суттєво покращить техніко-економічні показники роботи тракторно-транспортного поїзда.

Література

1. Подригало М. А., Артемов Н. П., Абрамов Д. В., Шуляк М. Л. (2015). Оценка дополнительных энергетических потерь при установившемся режиме движения транспортно-тяговых машин. Вісник Національного технічного університету «ХПІ»: Механіка та машинобудування. Вип. 9. – С. 98-107.
2. Гамаюнов П. П., Белов О. А., Савенков И. В., Федотов А. М. (1991). Устройство для стабилизации положения кузова транспортного средства / А.С. N 1664644, Б.И. N27
3. Шуляк М. Л., Лебедєв А. Т., Артьомов М. П., Мальцев В. П. (2017). Експериментальне дослідження алгоритму керування режимами роботи транспортного агрегату. *Системи управління, навігації та зв'язку. Зб. наук. пр.* Т. 3 (43). – С. 38-42.
4. Ovsyannikov S., Kalinin E., Koliesnik I. (2020). Oscillation process of multi-support machines when driving over irregularities. *Advances in Intelligent Systems and Computing.* – С. 307–317.
5. Kalinin Y., Klets D., Shuliak M., Kholodov A. (2020). Information system for controlling transport-technological unit with variable mass / *CEUR Workshop Proceedings.* – С. 303-312.
6. Кожушко А. П., Григор'єв О. Л. (2018). Моделювання пов'язаних коливань колісного трактора та цистерни з рідиною на прямому шляху зі складним рельєфом. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». №27 (1303). – С. 34-61.
7. Кожушко А. П., Колеснік І. В., Лупенко В. В. (2019). Методика експериментального дослідження визначення динамічних характеристик при русі колісних тракторів з агрегатами змінної маси. *Технічна інженерія.* № 2 (84). – С. 21-28.

ВПЛИВ НЕСТІЙКОСТІ РУХУ ТРАКТОРНО-ТРАНСПОРТНОГО ПОЇЗДА НА ВЕЛИЧИНУ СИЛИ ОПОРУ РУХУ

Колєсник Ю., julianakolesnik26@gmail.com,

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Вступ. Ефективність використання тракторів на транспортних роботах визначається складом тракторного поїзда (кількість причепів, їхнім типом та вантажопідйомністю), тягово-зчіпними та енергетичними показниками трактора, маневреністю, швидкістю руху, гальмівними якостями тракторного поїзда, його стійкістю [1].

Мета роботи – покращити плавність ходу тракторного поїзда, вирішити задачу підвищення поперечної стійкості, забезпечити підвищення ефективності використання тракторів на транспортних роботах.

Матеріали і методи. Нестійкий рух транспортного агрегата, так само, як і характер навантаження, впливає на його пересування, у результаті впливу виникають безлічі випадкових і періодичних збурювальних факторів. Нерівномірність руху, навантаження ТТП у процесі експлуатації може бути викликана не тільки впливом зовнішніх факторів, які збурюють (нерівномірність дорожнього фону, різними його властивостями і станом). Конструктивні та експлуатаційні особливості більшості сучасних транспортних агрегатів сприяють тому, що їхня динамічна система внаслідок своєї недосконалості, (неузгодженості складових ланок і вантажу, які перевозяться, провідних і гальмівних моментів по мостах тягача, незбалансованості переміщуваних мас) сама є джерелом виникнення збурювальних факторів. Особливо яскравий вираз набуває нерівномірності навантаження зі збільшенням зазорів у тягово-зчіпних пристроях, з різкою зміною обертів двигуна [2, 3, 5].

Результати і обговорення. Основою для виконання поставлених завдань у транспортних процесах є забезпечення сталого руху трактора та причепа, тобто

переміщення транспортних засобів з постійною швидкістю у певному режимі руху (рис. 1 а).

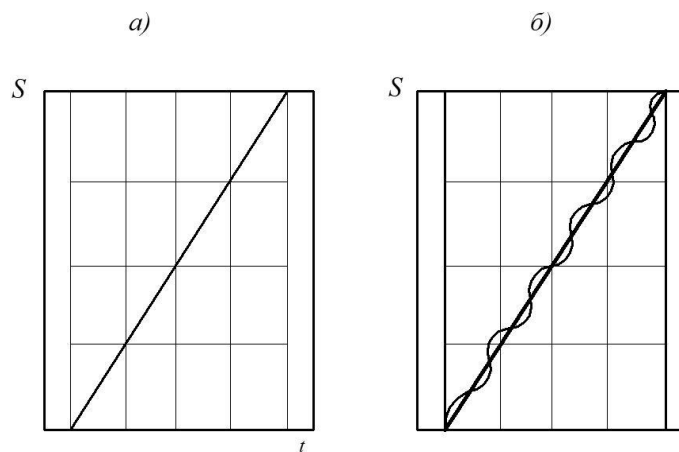


Рисунок 1 – Характер руху тракторно-транспортного поїзда

У разі експлуатації спостерігається нестійкий процес руху транспортних засобів. Це створює вплив на трактор, що збурює, з боку причепа, і йому періодично доводиться витратити енергію для гасіння інерції причепа, яка виникає внаслідок коливань. Причому сила інерції причепа P_i є складовою горизонтальної сили P стосовно трактора і позначається на процес руху тракторно-транспортного поїзда однаково негативно незалежно від її спрямованості. У чому можна переконатися, розглядаючи характер взаємодії транспортного агрегата з опорною поверхнею в площині контакту еластичного колеса, що є рушієм транспортного агрегата і твердою опорою поверхні. Дія горизонтальної сили P причепа на тягач передається на вісь колеса і викликає спочатку поступальне переміщення обода колеса відносно опорної поверхні, яка призводить завдяки деформації гуми до зміщення проекції B осі колеса на опорну площину від центра A контакту (рис. 2 а).

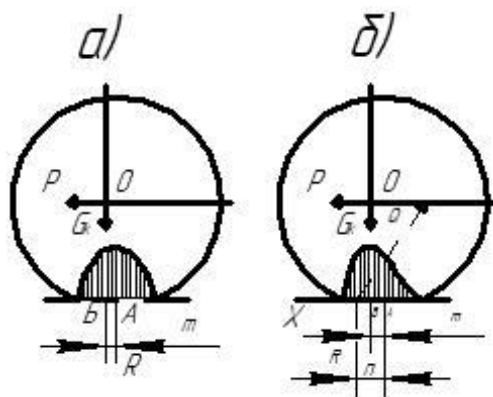


Рисунок 2 - Схеми до аналізу кочення колеса з еластичною шиною

Усунення m залежить від пружних властивостей шини і може мати як позитивний, так і негативний знак залежно від напрямку дії горизонтальної сили P .

Коли колесо під впливом сили P може котитися опорною поверхнею, симетрія опори елементарних реакцій порушується, результатна реакція Q нахиляється і зміщується вперед на величину n від центра контакту. Отже, вертикальна складова R результатної реакції виявиться винесеною вперед від точки B проекції осі на величину алгебраїчної суми зсувів n і m .

Фізичний сенс усунення n , реакції R і порушення симетрії епюри елементарних сил полягає в тому, що в передній частині шини, яка вступає в контакт з опорною поверхнею, накопичуються деформації стиснення, а в задній частині деформації розтягування і кожна ділянка шини відчуває багаторазовий процес поперемінного навантаження та розвантаження. Внаслідок явища пружного наслідку або гістерези матеріалу шини процес багаторазової її деформації протікає з незворотними втратами енергії, які зумовлюють опір коченню еластичного колеса [3, 4].

Сумарний вплив інерційних сил причепа за час T дорівнює:

$$P_n = \pm \frac{G_n}{g} \cdot a_n, \quad (1)$$

де G_n - вага причепа;

g - відносне прискорення вільного падіння;

a_n - прискорення причепа. Імпульс інерційних сил під час напівперіоду,

тобто $0 \leq t \leq \frac{\pi}{\omega}$

$$\begin{aligned} J_u &= \int_0^{\pi/\omega} \frac{G_n}{g} \cdot a_n dt = \frac{G_n}{g} [V_n]_0^{\pi/\omega} = \frac{G_n}{g} [A\omega \cos \omega t + V_n]_0^{\pi/\omega} = \\ &= \frac{G_n}{g} [A\omega(-1) + V_n - A\omega \cdot 1 - V] = \frac{2 \cdot G_n \cdot A \cdot \omega}{g} \end{aligned} \quad (2)$$

Таких напівперіодів за час T буде $\frac{T\omega}{\pi}$, отже, за час T імпульс сили складе

$$J_u = \pm \frac{2 \cdot G_n \cdot A \cdot T \cdot \omega^2}{g \cdot \pi}, \quad (3)$$

де A - амплітуда коливання;

ω - частота коливання.

Звідси видно, що зменшення імпульсу сили інерції причепа необхідні технічні рішення, створені задля зменшення амплітуди коливання і частоти. Причому частота коливання робить більший вплив на імпульс сили ніж вплив амплітуди.

Зауважимо, що хоча фактично коливання підпорядковуються складнішим законам, проте вони періодичні і характером дуже близькі до синусоїдального закону (рис. 3), який поширює отримані висновки.

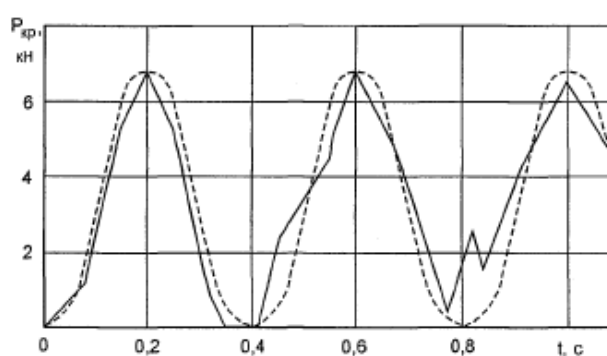


Рисунок 3 – Характер зміни навантаження у тягово-зчіпному пристрої тракторно-транспортного поїзда

Припустимо, що введення в стандартну зчіпку пружно-демпфувального елемента дасть змогу певною мірою вирішити це завдання. Також враховуючи, що імпульс сили, витрачений на переміщення причепа, за час T дорівнює $P \cdot T$, а зміна кількості руху – $m (V_n - V_0)$, де $(V_n - V_0)$ - зміна швидкості руху маси причепа за той самий час T .

Висновки. Застосування пружно-демпфувального елемента в тягово-зчіпному пристрої забезпечить рух причепа стійкішим, навіть за умови однакової середньої швидкості руху, необхідна кількість рухів буде менша порівняно з таким за жорсткої зчіпки, а значить імпульс сили та й сама сила будуть меншими.

Література

1. Колеснік Ю. І., Козлов Ю. Ю., Петров Р. М., Колеснік І. В. (2021). Методика розрахункового дослідження динамічної взаємодії ланок

малотоннажного автопоїзда / Збірник тез доповідей міжнародної науково-практичної онлайн конференції «Сучасні проблеми та перспективи розвитку машинобудування України», присвяченої 20-й річниці з дня створення факультету конструювання та дизайну НУБіП України. Київ. – С. 102-106.

2. Кожушко А. П., Колеснік І. В., Лупенко В. В. (2019). Методика експериментального дослідження визначення динамічних характеристик при русі колісних тракторів з агрегатами змінної маси. – Технічна інженерія, Випуск №2 (84). – С. 21-28.

3. Закин Я. Х. (1967). Прикладная теория движения автопоезда. М.: Транспорт. – 252 с.

4. Лебедєв А. Т., Калінін Є. І., Шуляк М. Л., Колеснік І. В. (2016). Аналітична модель повороту трактора з шарнірно-зчленованою рамою. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка, Випуск 173. – С. 161-167.

5. Kalinin Y., Klets D., Shuliak M., Kholodov A. (2020). Information system for controlling transport-technological unit with variable mass. CEUR Workshop Proceedings. – С. 303-312.

ТИПИ ТА КОНСТРУКЦІЇ МАШИН ДЛЯ ВИКОПУВАННЯ САДЖАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ В ЛІСОРОЗСАДНИКАХ

Думич В., dumych1963@ukr.net,

Львівська філія УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого,

Мачуга О., д-р. техн. наук, проф., oleg_mach@ukr.net,

Стиранівський О., канд. техн. наук, доц., styran@nltu.edu.ua,

Герис М., канд. техн. наук, доц., mherys@ukr.net,

ДВНЗ «Національний лісотехнічний університет України»

Вступ. Ліси покривають значну частину земної суші – понад 3,8 млрд. га [1], забезпечуючи існування біосфери. Поряд із цим, деревина є цінним сировинним ресурсом для низки галузей господарювання, що зумовлює необхідність її заготівлі. Збереження рівноваги між заготівлею деревини та відновленням лісів покладено, в основному, на підприємства лісової галузі.

Ефективність господарювання таких підприємств у значній мірі залежить від їхнього технічного оснащення, наявності парку машин для механізації виробничих процесів. Однак, в наш час, механізація вітчизняного лісогосподарського комплексу є найбільш проблемним питанням ведення лісового господарства. У переважній більшості лісогосподарських підприємств України відчувається гостра потреба в машинах і механізмах для проведення лісокультурних та лісозаготівельних робіт. Наявні у підприємствах лісового господарства машини і механізми є здебільшого застарілими та енергозатратними. З огляду на це, практично всі лісогосподарські підприємства потребують майже повного оновлення машинно-тракторного парку [2]. Ця проблема також стосується і лісових розсадників.

Основним завданням лісового розсадництва є виробництво необхідної кількості здорового і життєздатного саджального матеріалу. Дефектна коренева система, роздвоєність пагонів, погано виражена верхівка пагона та інші дефекти

саджанців можуть спричинити їхню загибель після висаджування в ґрунт. Тому під час виконання робіт в лісорозсадниках необхідно намагатися виключити або звести до мінімуму пошкодження кореневої системи та наземної частини саджанців робочими органами технічних засобів. Це особливо важливо на завершальному етапі виробництва саджального матеріалу – викопування сіянців і саджанців [3].

У лісовому секторі економіки однією з основних передумов його сталого розвитку слід вважати технічне переоснащення виробництва на основі новітніх наукових досягнень і передового виробничого досвіду [4]. В Україні виготовляються лише прості за конструкцією технічні засоби, які поступаються за багатьма споживчими показниками зарубіжним аналогам.

Мета роботи – аналізування конструкцій та визначення тенденцій розвитку машин для викопування саджального матеріалу, що допоможе господарникам підібрати сучасні технічні засоби для відповідних обсягів робіт, а виробникам техніки розробити і налагодити виробництво перспективних надійних і якісних машин для лісорозсадників.

Матеріали і методи. Огляд технічних засобів супроводжувався аналізом їхнього функціонального призначення та порівняння.

Результати та обговорення. Саджальний матеріал лісових культур вирощувався в Україні в різних типах розсадників. Залежно від розмірів постійні лісорозсадники поділяються на малі (до 5 га), середні (5-15 га) та великі (15-25 га) та базові (більше 25 га) [5]. Тому, залежно від обсягів робіт для викопування саджанців і сіянців, застосовуються дві технології, які різняться рівнем механізації – механізовані (комбайнові) і частково механізовані.

Для частково механізованої технології викопування саджального матеріалу застосовуються викопні машини, оснащені скобоподібними робочими органами, які вирізують пласт ґрунту з трьох сторін, внаслідок чого відбувається розпушування, піднімання підрізаного пласта без обриву коріння рослин. Підрізані скобою сіянці та саджанці легко витягуються з ґрунту вручну.

Найпростішим за конструкцією знаряддям є викопні скоби (рис. 1 а). Вони, зазвичай виготовляються у навісному варіанті й агрегатуються з тракторами класу

Викопна скоба складається з рами 3 із навісним пристроєм 2, двох опорних коліс 1 і двох стійок 4 з вертикальними ножами 5, горизонтального ножа (лемеша) 6, до якого кріпляться розпушувачі 7 [6].



Рисунок 1 – Загальний вигляд (а) та конструкційна схема (б) навісної
вкопної скоби

Проте результати досліджень свідчать, викопні скоби з пасивними лемешами без активних струшувачів недостатньо подрібнюють пласт ґрунту, а корені зв'язані саджанців з грудками. Під час вибирання рослин з ґрунту необхідно затрачати зусилля від 9,6 до 25,7 кг, а іноді до 50 кг, залежно від типу і стану ґрунту, що приводить до відривання і пошкодження кореневої системи від 3 до 16,3 % саджанців [7].

146

%, що близько у 5-8 раз менші ніж під час застосування копача з пасивними робочими органами. Тому результати цих досліджень вказують на доцільність щодо впровадження активних пристроїв у конструкції копачів.

Фірми Egedal (Данія), Ferti-Systems (Бельгія) тощо продукують декілька моделей виорювачів сіянців і саджанців з активним струшуючими пристроями.

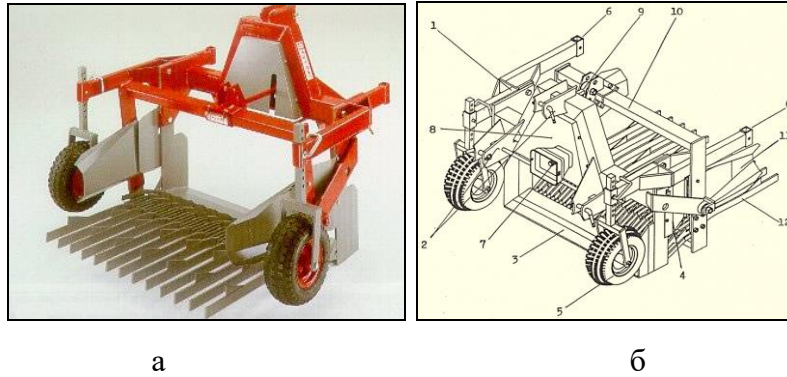
Виорювач типу SR2 (рис. 2а) має міцну і компактну конструкцію і може працювати на всіх типах ґрунтів, зокрема й важких. Довга решітка забезпечує ефективне видалення ґрунту з кореневої системи. Агрегатується з енергозасобами потужністю не менше 45 кВт.

Виорювач складається з трьох основних вузлів: рами 1 (рис. 2б); активного віброструшувача та механізму привода. До рами 1 кріпляться навісний пристрій 2, нерухомий ніж 3 і бічні щитки 4. Вона опирається на колеса 5. Колеса 5 можна встановлювати в положенні, як показано на рисунку 2б, або в квадратних втулках 6. Зміною положення коліс по вертикалі можна регулювати глибину підкопування.

Активний віброструшувач складається з рухомої рами 10, до верхньої частини якої кріпляться щитки 11 і поворотний важіль 9 для приведення в рух струшувача. До нижньої частини рами прикріплена віброрешітка 12.

Привід віброструшувача передається від ВВП трактора, змінюючи обертовий рух карданного вала на коливальний рух вібраційної решітки. Основними вузлами механізму привода є карданний телескопічний вал, кутова передача 7, ексцентрик 8, встановлений на вихідному валу коробки передач, поворотний важіль 9, який перетворює обертовий рух ексцентрика в коливальний рух рами віброструшувача 10.

Залежно від розміру саджанців і типу ґрунту можна використовувати різні типи струшувальних решіток, які входять в комплект поставки – рідкі (відстань між пальцями 140 мм), стандартні (відстань між пальцями 105 мм) або ущільнені (відстань між пальцями 70 мм). Стандартна довжина решітки - 1000 мм [8].



а – загальний вигляд; б – конструкційна схема

1- рама, 2- навісний пристрій, 3 - нерухомий ніж, 4 - бічні щитки, 5 – опорні колеса, 6 - квадратні втулки, 7 - кутова передача, 8 - ексцентрик, 9 - поворотний важіль, 10 - рама віброструшувача; 11 – щитки, 12 - віброрешітка.

Рисунок 2 – Загальний вигляд (а) та конструкційна схема (б) виорювала SR2

Виорювач саджанців ROBOT BL900S (рис. 3а) фірми Ferti-Systems складається з рами, передніх і задніх опорних коліс, навісного механізму, викопувально-струшувального пристрою, механізмів приводу та регулювання глибини підкопування.

В конструкцію викопувально-струшувального пристрою входить підкопувальна скоба та дві вібраційно-струшувальні решітки (рис. 3б). Вібраційно-струшувальні решітки приводяться в рух ВВП енергозасобу і складаються з карданного вала, конічного редуктора, пасової передачі та двоплечих важелів. Вібраційно-струшувальні решітки встановленні з певним кутом нахилу, що дає змогу витягувати саджанці на поверхню ґрунту з глибини до 25 см. Глибина підкопування налаштовується перестановкою передніх коліс, а висота піднімання саджанців – задніх коліс [9].



Рисунок 3 – Загальний вигляд (а) та викопувально-струшувальний пристрій (б) виорювача саджанців ROBOT BL900S

Компанія Baertschi (Швейцарія) виготовляє копачі сіянців і саджанців моделей FOBRO 2000 (рис. 4а) та Fobro Super Max, які комплектуються рухомою підкопувальною скобою з розпушувачами та струшувальною коливальною решіткою. Коливальна решітка шарнірно з'єднана зі скобою та інтегрована як продовження за розпушувачами скоби [10].

Під час виконання технологічного процесу скоба виконує зворотно-поступальні вібраційні коливання в напрямку руху агрегата. Внаслідок цього горизонтальне різальне лезо скоби підрізає не великі пласти ґрунту і частково подрібнює їх і відділяє від кореневої системи рослин. Вертикальні леза скоби підрізають пласт ґрунту з боків. Зі скоби пласт ґрунту із сіянцями або саджанцями надходить на розпушувачі і коливальну решітку. У результаті коливання розпушувачів і решітки ґрунт відділяється від коренів, а сіянці піднімаються на поверхню ґрунту, де вони підбираються робітниками [10]. Перевагою цієї машини є те, що внаслідок коливання скоби запобігається налипання ґрунту на робочі органи, що поліпшує її технологічне обслуговування і сприяє збільшенню продуктивності роботи.

Викопувач FOBRO 2000 оснащений автономною гідросистемою для приводу робочих органів, Fobro Super Max урухомлюються від ВВП енергозасобу.

Для механізованого викопування лісосаджального матеріалу компанія Baertschi пропонує модульну концепцію викопування саджального матеріалу, яка передбачає поєднання викопувачів Super Max або Fobro 2000 і підбирача-підйомника Fobro Pick-Up (рис. 4 а.4 б).



а



б

Рисунок 4 – Викопувач Fobro 2000 (а) та модульний агрегат фірми Baertschi (б) для збирання сіянців і саджанців

Під час роботи модульного агрегата копач Fobro Super Max або Fobro2000 викопує та відділяє ґрунт від кореневої системи і піднімає сіянці на поверхню, де вони підхоплюються пружинними пальцями підбирача-підйомника Fobro Pick-Up, які транспортують матеріал на поперечний транспортер. Завдяки конструкції та низькій швидкості роботи саджанці транспортуються дуже м'яко без пошкоджень.

У задній частині підбирача-підйомника встановлена платформа з операторами, які приймають саджанці і формують пучки. На горизонтальній платформі є місце, призначене для укладання розсади в ящики. Саджанці також можуть бути перенесені в інший транспортний засіб поперечним стрічковим транспортером [10].

Модульний агрегат механізує процес викопування сіянців, підвищує продуктивність і зменшує витрати трудових ресурсів.

Подібну модульну концепцію викопування саджального матеріалу на базі машин власного виробництва пропонують нідерландські фірми Elco та SMZ (Нідерланди) та Egedal (Данія)

Датський виробник Egedal для комбайнового збирання сіянців пропонує викопувач-підйомник моделі BOT та модульний агрегат копач-підйомник моделі PS.

Копач-підйомник BOT (рис. 5) призначений для викопування всіх типів саджального матеріалу в різних ґрунтових умовах і складається з викопувального пристрою з пасивним лемешом-ножем, пруткового похилого транспортера з механізмом коливання, перебирального транспортера, платформи для робітників. Робочі органи приводяться в рух від гідросистеми трактора. Робоча ширина захвату – 1200 мм, глибина підкопування – від 50 до 300 мм агрегатується з тракторами потужністю – не менше 45 кВт [11].



Рисунок 5 - Копач-підйомник моделі VOT

Для комбайнового викопування саджанців фірмою Egedal виготовляється однорядкові комбайни моделей RO (рис. 6) та NG, призначені для викопування саджанців висотою від 25 до 150 см, очищення їхньої кореневої системи від ґрунту та укладання їх в агрегатований з ним причіп або кузов транспортного засобу, який рухається поряд.



Рисунок 6 - Однорядковий комбайн для викопування саджанців моделі RO

Копач саджанців Egedal RO складається з рами з ходовою системою, причіпного пристрою, викопувального лемеша, брального апарата, стола для відбирання саджанців, робочого місця для допоміжних працівників, платформи, вилоподібного піднімального пристрою, автономної гідросистеми з гідроприводом робочих органів.

Під час виконання технологічного процесу подільники відділяють рядок саджанців, піднімаючи зігнуті гілки рослин, викопувальний леміш підкопує, а паси брального апарата захоплюють їх і витягують з ґрунту та транспортують до столу для відбирання саджанців, де допоміжні робітники відбирають їх і укладають в

контейнер розташований на платформі. Під час транспортування саджанців бральним апаратом відбувається очищення їхньої кореневої системи очисником.

Висновки. За результатами аналізу наукової інформації встановлено, що застосування підкопувачів з пасивним лемешем не завжди задовольняє вимоги до якості виконання технологічної операції щодо подрібнення підрізаного пласта ґрунту і відділення кореневої системи від грудок ґрунту. Вибірання не відділених від ґрунту саджанців приводить до пошкодження їхньої кореневої системи.

Для підвищення якості викопування саджанців провідні фірми комплектують виорювачі активними віброструшувачами, викопувально-вібраційними пристроями з двома віброрешітками та вібролемешами.

Для підвищення продуктивності, зменшення затрат праці на ринку також представлені модульні агрегати і комбайни для механізованої технології викопування саджанців.

Отже, для підвищення якості та продуктивності і зменшення затрат праці у вітчизняних лісорозсадниках доцільно впроваджувати перспективні машини, а машинобудівним підприємствам налагодити виробництво таких технічних засобів з урахуванням сучасних тенденцій розвитку техніки для викопування саджанців.

Література

1. Коваленко О. О. (2010) Україна у світовому лісопромисловому комплексі: оцінка стану та основні конкуренти. Вісник ЖДТУ. 3 (53). – С. 252-253.
2. Власюк В. (2021) Проблеми та перспективи розвитку механізації лісогосподарських робіт в Україні. зб. наук. пр. DOI 10.36074/logos-05.02.2021.v2.52
3. Słowiński K. (2011) Ocena parametrów eksploatacyjno-ekonomicznych wyorywacza szkółkarskiego SR 2. Inżynieria Rolnicza. 15. 197-205
4. Думич В., Мазурак М. (2018) Сучасна ґрунтообробна техніка для лісового господарства. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва України: зб. наук. пр. УкрНДПІВТ ім. Л. Погорілого, Дослідницьке. 23 (37). – С. 136-141.
[http://dx.doi.org/10.31473/2305-5987-2018-2-23\(37\)-14](http://dx.doi.org/10.31473/2305-5987-2018-2-23(37)-14).

5. Станкевич-Волосянчук О. І., Волосянчук Р. Т. (2009) Стале ведення лісового господарства. Ужгород: ПП “Ліра”. – 48 с.
6. Wyorywacz sadzonek typ L. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.agrolas.com.pl/index.php?option=com_content&task=view&id=115&Itemid=
7. Zrodowski Z. D. (1977) Wpływ oporów wyjmowania sadzonek z gleby w szkółce na stopień uszkodzeń sadzonek. Sylwan, 121 (09). – С. 63-69
8. Wyorywacz skolkarski typ SR2. Instrukcja obsługi. Egedal Maskinfabrik A/S. – 10 с.
9. ROBOT BL900S, RIEMAANDRIJVING-FR.– [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.robotwerken.com/fr/catalog-2/arracheuses-souleveuses/robot-bl900s--riemaandrijving>
10. FOBRO Pick-Up plant lifter.– [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.nurseryplant-harvester.com/>
11. Wesoły W i Hauke M. (Red.) (2009). Szkółkarstwo leśne od A do Z Warszawa. Centrum Informacyjne Lasów Państwowych.

НОВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ В АПК: ДОСЛІДЖЕННЯ ТА УПРАВЛІННЯ

УДК 631.171

ПАРАДИГМА ТЕХНОЛОГІЙ КЕРОВАНОГО (ТОЧНОГО) ЗЕМЛЕРОБСТВА В УМОВАХ ГЛОБАЛЬНИХ ЗАГРОЗ

Баранов Г., д-р. техн. наук., проф.,

Комісаренко О., канд. техн. наук., olenakomisarenko@ukr.net,

Національний транспортний університет України,

Кравчук В., д-р. техн. наук., проф., академік НААНУ, kravchukvi@ukr.net,

Іванюта М., канд. техн. наук, ur6hdc@ukr.net,

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків

Вступ. У сучасних ринкових умовах трансконтинентального та міжнародного бізнесу з ієрархічним розподілом функційних відношень виробництва сільськогосподарської продукції все більш привабливими визначаються машини, обладнання, агрегати, комплекти та підсистеми, які реалізують прибуткову «зелену» технологію [1, 2].

Нову науково-технічну проблему розробки теорії та практичних методів проектування, прогнозування, конструювання, машинобудування, оцінювання й випробування (повномасштабного тестування) і відповіді на запитання, як «зелена» технологія має (прибуткові, екологічні, енергоресурсні, функціональні) кращі показники, ніж відомі традиційні, неможливо описати в одній статті. Тому це дослідження, за принципами системного підходу, більш спрямоване на існування механізованої технології керованого землеробства з відновленням родючості ґрунту згідно з парадигмальними життєвими циклами у межах біоценозу кожного конкретного техногенно-природного комплексу (ТПК).

Мета роботи. Розвиток досліджень парадигмальних життєвих циклів технологій керованого (точного) землеробства за критеріями безпечного накопичування ресурсів для наступних урожаїв.

Основний зміст дослідження. Відомо, що робочі процеси та технологічні засоби механізації (ТЗМ) для вирощування й отримання продукції рослинництва, залежить від забезпечення умов реального часу (RT-real time), їхнє функціонування у конкретному техногенно-природному комплексі (ТПК) за профілем сільськогосподарське виробництво згідно із замовленнями.

Кероване землеробство [2,3], яке реалізує конкретна поліергетична виробнича організація (ПЕВО) у визначеному просторі ТПК та за поточним календарем RT життєвих циклів (LC – life cycle) у межах складної динамічної системи (СДС) гарантує не лише енергоресурсну ефективність використання ТЗМ (разом з робочими органами, механізмами, обладнанням, матеріалами), а й функційну оптимізацію взаємодії ґрунтових біоценозів з незалежними, нестационарними, нелінійними факторами суттєвого впливу навколишнього середовища. Ступінь точності, надійності, ефективності чинної інженерії LC-RT з отриманням рентабельних врожаїв залежить від принципів основ архітектури взаємовідносин ТПК у ПЕВО за критеріями безпечної зони накопичування (БОН) ресурсів для наступних врожаїв.

Ефективність використання нових ТЗМ повинна бути, згідно з чинним законодавством, без будь яких порушень як небезпечна (існування тенденцій зниження родючості) зона накопичування (НОН) руйнівних наслідків, визначених як:

- неконтрольовані викиди в атмосферу діоксиду (CO_2) вуглецю;
- різке зменшення (вирубка, пожежі) лісів;
- втрата гомеостатичних властивостей екосистемами внаслідок масових різноманітних (хімічних тощо) забруднень.

Грандіозні масштаби руйнування біосфери, змінюють на всіх континентах залишки БОН і вимагають прийняття відповідних заходів.

Теорія та методи створення нових робочих процесів та технологій БОН. Наукова основа нової концепції БОН базується на однозначному розподілу функцій між СДС та ВПС. Теорія вкладеності або підпорядкованості фіксує три частки:

- реальні, обмежені, внутрішні (in) ресурси СДС конкретних ТПК й ПЕВО;

- відкрита і визначена у просторі та часі зовнішня множина різноманіття (off) екологічного середовища з біоценозами конкретних ґрунтів та інфраструктури досліджуваної ВПС;
- єдиний інформаційний простір Internet з можливостями накопичуваних знань про закономірні факти попередніх (минулих форм господарювання ПЕВО) в умовах реальних ризиків і невизначеності розрахункових, прогнозних, програмних подій та ситуацій.

Практика свідчить, що універсальних техніко-технологічних рішень (ТТР) немає, але фіксує доцільність точної класифікації понять та архітектурних форм організацій де вони доцільно ефективні. Парадигмальність двобічних відношень визначає сутність, особливість, специфіку врахування в моделях описів процесів для парних (анти-подібних взаємодій) динамічних гетерогенних реальних збурень (причин) та реакцій (наслідки контактів, які відбулися).

Доцільні архітектурні, організаційні та структурні моделі характеризують за системним підходом такі елементи [4,5]:

- вимірність моделі за фактом кількості рівнів опису;
- порядок кожного названого опису;
- нелінійність функційної залежності за типом, видом, особливостями взаємозв'язків між змінними;
- часові характеристики LC-RT на інтервалах прояву подій, ситуацій, трансформації;
- фактори впливу на СДС конкретного ВПС з визначенням сутності, особливості, специфіки збурень, загроз, завад стосовно закономірностей (причин) відмов, аварій, надкризових явищ.

Висновки. Отже, усунення глобальних проблемних протиріч у ноосфері планети, на рівні місцевих локальних зон відповідальності за БОН, одночасно створюють заходи екологічної безпеки довкілля та упередженого планомірного усунення будь яких проявів НОН з форс-мажорними обставинами для ПЕВО ефективним використанням прогресивних нових матеріалів, обладнання,

інструментальних механізмів, машин, агрегатів, комплексів та систем з гарантовано адаптивним управлінням.

Відповідальність згідно з парадигмальністю відносин між МТЗ та ВПС слід покладати у межах ТПК на центри управління прогресом (ЦУП).

Література:

1. Баранов Г. Л., Комісаренко О. С., Прохоренко О. М., Процесні інфологічні моделі в задачах гетерогенної взаємодії складних динамічних систем та нестационарного середовища. Вісник Національного транспортного університету. №1. 2019. – С. 3-12.

2. Кравчук В., Таргоня В., Гайдай Т., Голуб Г., Кухарець С., Іванюта М. Методологія і модель еколого-економічного управління агротехнологіями. «Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України» зб. наук. пр. УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. Дослідницьке, 2020. – Вип. 27 (41). С142-152. DOI 10.31473/2305-5987-2020-2-27(41)-13.

3. Кравчук В. І., Баранов Г. Л., Методика розрахунків оптимальних програмних управлінь на базі дискретних моделей та синтезу замкнутих законів управління сільгоспмашинами та агрегатами // Механізація виробничих процесів рибного господарства, промислових і аграрних підприємств. Зб. наук. праць Керченського технол. ін-ту. – Вип. 3. Керч: КМТІ. – 2002. – С. 34-40.

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

5. Баранов Г. Л., Косенко В. Р., Прохоренко О. М. Моніторинг довкілля та якості логістичного обслуговування для попередження ризиків зіткнення та безпеки руху ВТЗ. Вісник Національного транспортного університету. №1. 2016. – С. 45-55.

УДК 633.34:

**ДИНАМІКА ЕЛЕМЕНТІВ ЖИВЛЕННЯ В ОРНОМУ ШАРІ ҐРУНТУ
ПІД ЧАС ВИРОЩУВАННЯ СОЇ ЗА РІЗНИХ СИСТЕМ
ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ**

Новохацький М., канд. с.-г. наук, доц., mykola.novokhatskyi@ndipvt.com.ua,

Клочай О.,

УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого

Вступ. Серед зернобобових культур соя досить вимоглива до вмісту в ґрунті поживних речовин, хоча ефективність внесених добрив під сою залежить, насамперед, від агрохімічних показників ґрунту, забезпечення вологою, сорту тощо. Тому до застосування добрив необхідно підходити диференційовано. Рациональне застосування добрив передбачає підвищення врожайності сільськогосподарських культур, якості продукції, збереження і підвищення родючості ґрунту, екологічну безпеку навколишнього середовища та виробленої продукції, а також підвищення ефективності добрив, що в сучасних умовах є особливо актуальним [1].

Проте внесення повного мінерального добрива в ґрунт не вирішує повністю проблему забезпечення потреби рослин у необхідних елементах мінерального живлення. Нестача поживних речовин особливо загострюється в період формування генеративних органів. За несприятливих гідротермічних умов, навіть за оптимальної кількості в ґрунті доступних сполук макро- та мікроелементів, засвоєння їхньою кореневою системою є недостатнім, що сповільнює темпи росту і розвитку рослин. Особливо знижується здатність кореневої системи засвоювати азот. Тому в системі мінерального живлення сої застосовують допоміжний спосіб застосування макро- та мікроелементів на хелатній основі – позакореневе (листяне) підживлення. Ступінь засвоєння елементів живлення з цих добрив через листки становить 80-95 % [2].

Соя є культурою, яка вимагає для вирощування високої забезпеченості

грунту елементами живлення. На формування 1 ц насіння і відповідної кількості побічної продукції соя використовує 7,5-10 кг азоту, 1,7-2,5 фосфору, 3,0-4,5 кг калію, 2,3-2,8 кг кальцію тощо [2, 3, 4, 5, 6, 7]. Сумарна потреба сої в елементах живлення на формування врожаю зерна 25 ц/га складає: азоту – 175кг, фосфору – 60 кг, калію – 88 кг активної речовини [8, 9, 10].

Нині актуальним є запровадження екологічно безпечних біологізованих технологій вирощування сільськогосподарських культур, які базуються на використанні біологічних препаратів та відселектованих мікроорганізмів.

Стійкість сучасного землеробства ґрунтується на адаптивно-ландшафтній системі його ведення і, насамперед, на освоєнні біологізованих сівозмін та інших прийомів. Під біологізацією землеробства слід розуміти збільшення надходження органічної речовини в ґрунти завдяки сидерації, розширенню посівів одно- і багаторічних бобових культур, а також застосування у землеробстві біологічних препаратів і максимального використання біологічних факторів [11]. Найдоступнішими факторами біологізації для відтворення родючості ґрунту є склад і чергування культур у сівозмінах на принципах плодозміни, а також використання сидератів і нетоварної частини врожаю на добриво, застосування органічних добрив, інтенсифікація і максимальне використання сил біотичної та асоціативної азотфіксації, фосфат- та каліймобілізації [12].

Для отримання високих і сталих урожаїв насіння, поряд із підбором сортів сої з високим потенціалом урожайності зерна, необхідно удосконалити технологію вирощування цієї культури, звернувши особливу увагу на поєднання біологічного і техногенного джерел живлення [13]. Результатами дисперсійного аналізу було встановлено, що частка впливу технології вирощування на рівень урожайності сої може становити 15,6 %, системи удобрення – 51,6 %, їхньої взаємодії – 7,6 % [14].

Фосфорне живлення рослин можна поліпшити застосуванням біопрепарату на основі ендомікорізного гриба, який, так само, як і бульбочкові бактерії, утворює симбіотичну асоціацію з рослиною і транспортує в корінь водонерозчинні фосфати кальцію, які накопичуються в ґрунті внаслідок

багаторічного застосування мінеральних фосфорних добрив [10].

Прибавки врожаю сої, отримані на фоні 2/3 необхідної для сої дози азоту і фосфору показують, що азотфіксатори та фосфатмобілізатори можуть забезпечити рослину необхідною кількістю елементів живлення і, частково або навіть повністю, замінити мінеральні добрива [10].

Однією з найбільш трудомістких операцій у технології вирощування сільськогосподарських культур є основний обробіток ґрунту [15, 16, 17]. В умовах загострення енергетичної ситуації важливого значення набуває удосконалення агротехнічних заходів вирощування, які повинні суттєво зменшити енерговитрати. Напрямок на мінімізацію числа обробітків і зниження їхньої глибини цілком виправдане, оскільки націлене не лише на зменшення енергетичних витрат, але й на нормалізацію процесів мінералізації органічних речовин і накопичення гумусу в ґрунті, запобігання ерозії [18]. Однак, за деякими даними, заміна оранки поверхневою обробкою призводить до сильного ущільнення орного шару ґрунту, особливо його нижньої частини.

Зважаючи на це, виникла необхідність перевірки, аналізу та оцінки науково-технічного рівня традиційної, консервувальної, мульчувальної системи основного обробітку ґрунту і системи основного обробітку ґрунту mini-till та підготовки обґрунтованих висновків щодо оптимізації застосування диференційованої системи обробітку ґрунту під час вирощування зернобобових культур у господарствах Лісостепу України.

Мета роботи — максимально реалізувати генетичний потенціал продуктивності сучасних сортів сої можна лише завдяки модернізації технологій вирощування. Наявні технології вирощування базуються на використанні мінеральних добрив, частка яких в енергетично-економічному балансі врожаю складає більше 30-40 %. Тому актуальним завданням під час вирощування зернобобових культур є дотримання основних елементів технології вирощування та оптимальне використання мінеральних добрив у поєднанні з інокулюванням насіння, штамами азотфіксувальних і використанням фосфат- і каліймобілізувальних мікроорганізмів [19]. Метою науково-дослідної роботи є

підготовка обґрунтованих рекомендацій щодо застосування біологічних методів оптимізації режимів живлення сої в Лісостепу України за використання різних систем основного обробітку ґрунту.

Матеріали і методи. Дослідження та оптимізація технологічних рішень проводились в умовах Лісостепу України на угіддях УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого в двофакторному польовому досліді. Факторами досліджень були:

- система обробітку ґрунту (традиційна, консервувальна, мульчувальна, mini-till);

- доза біологічного препарату Граундфікс (0 (контроль), 5 л/га, 10 л/га)

Під час виконання досліджень використовувалися загальнонаукові та спеціальні методи досліджень.

Технологія вирощування, окрім досліджуваних факторів, типова для зони Лісостепу.

Результати і обговорення. Досліджуючи на посівах сої агрохімічний склад орного шару ґрунту за результатами аналізів, ми встановили, що в 2018 році протягом вегетації вміст легкогідролізованого азоту за використання традиційної системи основного обробітку ґрунту та міні-тілу зростав, а за використання консервувальної та мульчувальної систем – дещо зменшувався. Доступних форм фосфору в кінці вегетації сої було більше, порівняно із запасами, визначеними в період сівби, за використання традиційної, консервувальної та мульчувальної систем основного обробітку ґрунту. Щодо вмісту рухомих форм калію, то, за даними 2018 року, протягом періоду вегетації сої відмічається стійка тенденція до зменшення вмісту цього макроелемента (рис. 1)

Провівши в 2019 році дослідження агрохімічного складу орного шару ґрунту за основними фазами росту рослин сої ми встановили, що динаміка вмісту легкогідролізованого азоту має вигляд одновершинної кривої з піком у фазі цвітіння. До завершення вегетації рослин у ґрунті спостерігається повільне зменшення вмісту доступного азоту. За цих умов нами встановлено, що вміст

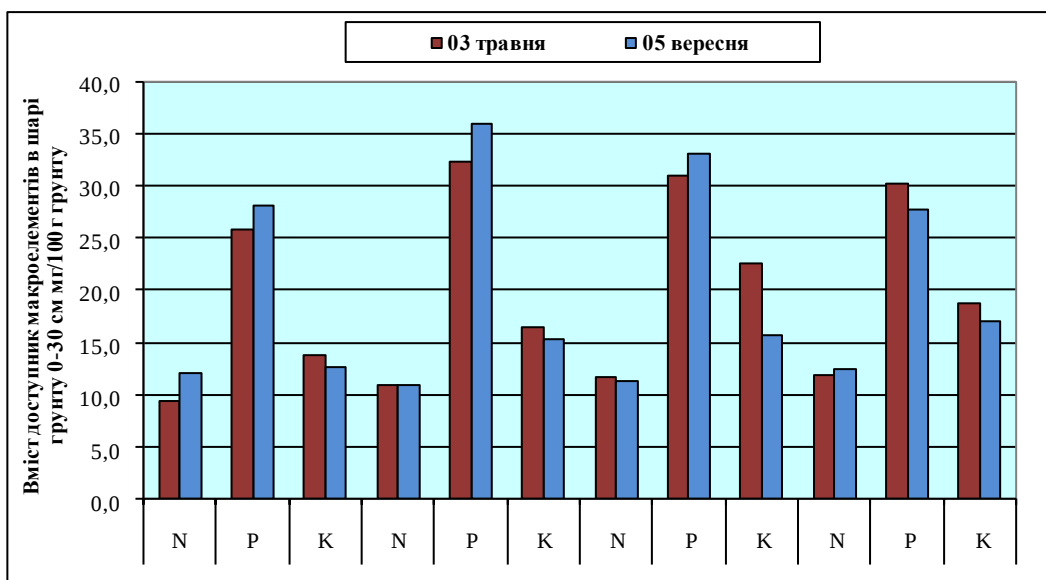


Рисунок 1 – Зміни вмісту елементів живлення в орному шарі ґрунту під посівами сої, 2018 рік

азоту в орному шарі ґрунту в період повної стиглості сої перевищує його вміст у період «сівба-сходи» (рис. 2). Зазначена тенденція проявляється на всіх системах основного обробітку ґрунту, які увійшли до схеми наших досліджень.

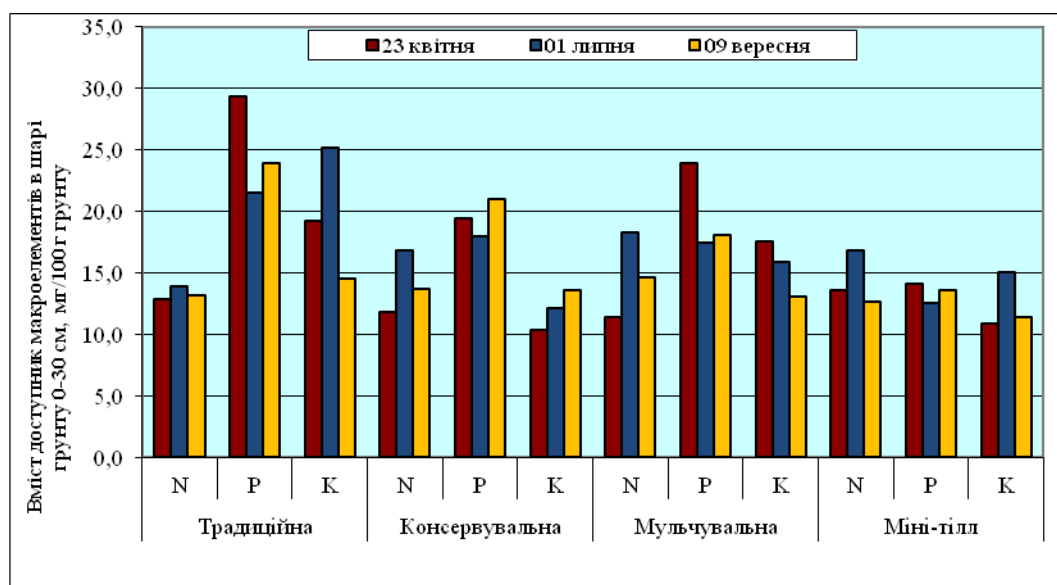


Рисунок 2 – Динаміка вмісту елементів живлення в орному шарі ґрунту під посівами сої, 2019 рік

Динаміка вмісту рухомих форм фосфору має тенденцію, обернену до визначеної, для легкогідролізованого азоту. У період цвітіння сої в орному шарі ґрунту нами виявлено мінімальну кількість рухомих форм фосфору на всіх досліджуваних системах основного обробітку ґрунту (рис. 2).

Для рухомих форм калію якоїсь спільної тенденції в межах систем основного обробітку ґрунту, яка досліджувалась, встановити не вдалося. Якщо за використання традиційної системи та міні-тілу динаміка вмісту рухомого калію має вигляд одновершинної кривої з піком у фазі цвітіння сої, то на варіантах із консервувальною системою відмічено поступове зростання вмісту цього макроелемента протягом всієї вегетації сої, а за використання мульчувальної системи вміст рухомого калію в орному шарі ґрунту протягом періоду вегетації сої поступово зменшувався, досягши мінімального значення на період повної стиглості сої.

Застосування Граундфіксу в технології вирощування сої забезпечило позитивні зміни кількості доступних елементів живлення у фазі цвітіння сої – одній із критичних фаз за умовами забезпечення умовами життя (рис 3).

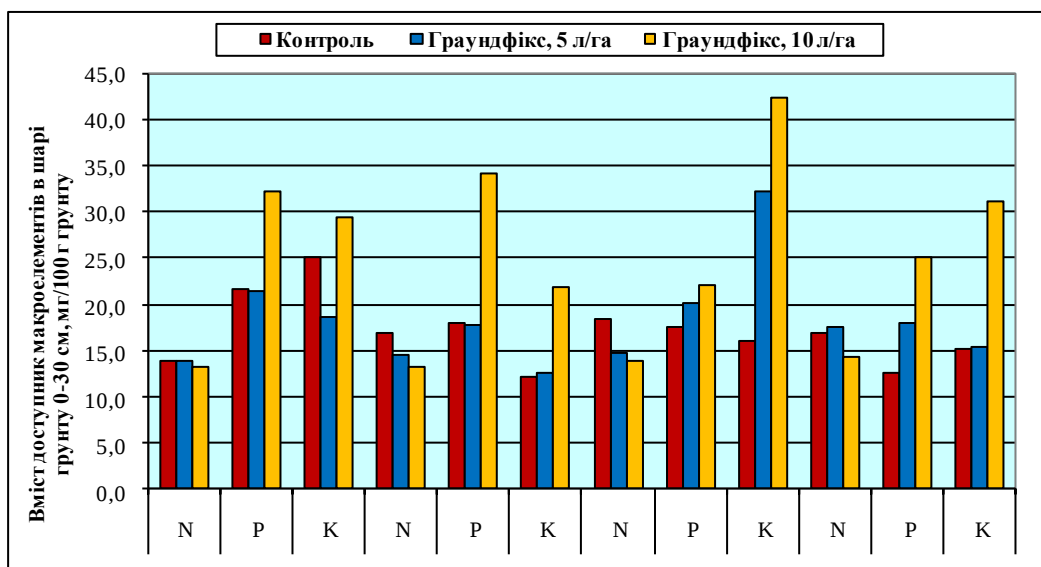


Рисунок 3 – Вміст елементів живлення в орному шарі ґрунту залежно від системи основного обробітку та використання біологічних препаратів (фаза розвитку сої – кінець цвітіння), 2019 рік

Позитивний вплив на кількість рухомих форм фосфору та калію, які містяться в орному шарі ґрунту, відмічений на всіх включених до схеми дослідів системах основного обробітку ґрунту.

Слід зазначити, що за використання під час вирощування сої систем із глибоким основним обробітком (традиційна та консервувальна) суттєвий позитивний ефект відмічався за застосування Граундфіксу дозою 10 л/га – на таких варіантах дослідів було встановлено значне збільшення вмісту рухомого

фосфору та калію, порівняно з контролем. За використання систем із мілким обробітком ґрунту позитивний ефект фіксувався за використання обох досліджуваних норм внесення Граундфіксу, але перевага була знову ж за використання цього препарату дозою 10 л/га.

Висновки. 1. Динаміка вмісту легкогідролізованого азоту під посівами сої має вигляд одновершинної кривої з піком у фазі цвітіння. До завершення вегетації рослин у ґрунті спостерігається поступове зменшення вмісту доступного азоту. За таких умов встановлено, що вміст азоту в орному шарі ґрунту в період повної стиглості сої перевищує його вміст у період «сівба-сходи». Зазначена тенденція проявляється на всіх системах основного обробітку ґрунту, які ввійшли до схеми досліджень. Динаміка вмісту рухомих форм фосфору має тенденцію, обернену до визначеної, для легкогідролізованого азоту. У період цвітіння сої в орному шарі ґрунту виявлено мінімальну кількість рухомих форм фосфору на всіх досліджуваних системах основного обробітку ґрунту.

2. За використання під час вирощування сої систем із глибоким основним обробітком (традиційна та консервувальна) суттєвий позитивний ефект відмічався за застосування Граундфіксу дозою 10 л/га – на таких варіантах дослідів було встановлено значне збільшення вмісту рухомого фосфору та калію, порівняно з контролем. За використання систем з мілким обробітком ґрунту позитивний ефект фіксувався при обох досліджуваних норм внесення Граундфіксу, але перевага була знову ж за дози 10 л/га.

Література

1. Дзанагов С. Х., Хадиков А. Ю., Дзанагов Т. С. (2014). Эффективность применения удобрений под сою на чернозёме выщелоченном РСО-Аланья. Известия Горского государственного аграрного университета. Том 51. № 1. – С. 16-22.

2. Бабич А. О. Колісник С. І., Кобак С. І., Панасюк О. Я., Венедіктов О. М., Балан М. О. (2011). Теоретичне обґрунтування та шляхи оптимізації сортової технології вирощування сої в умовах Лісостепу України. Корми і кормовиробництво. Вип. 69. – С. 113-121.

3. Когут М. М., Іщенко А. В. (2005). Особливості технології вирощування

сої на півдні України / Когут М. М., // Вісник аграрної науки Причорномор'я. Вип. 2. – С. 170-176.

4. Колісник С. І. (2012). Основні технологічні прийоми вирощування сої на насіння. Корми і кормовиробництво. Вип. 71. – С. 41-48.

5. Левандовський І. (2000). Агротехніка вирощування сої на зрошенні. Пропозиція. №6. – С. 42-43.

6. Мельник І. І., Гречкосій В. Д. (2007). Комплексна механізація вирощування та збирання сої. Агроном. № 2. – С. 150-151.

7. Месяц И. И. (1984). Возделывание сои в странах Европы. Обзорная информация. М.: ВНИИТЭИСХ. – 69 с.

8. Бахмат О. М. (2009). Оптимізація технології вирощування сої на зерно в умовах західного Лісостепу України. Збірник наукових праць / За ред. доктора с.-г. наук, професора М. І. Бахмата. Кам'янець-Подільський, Вип. 17. – С. 29-33.

9. Грицун А. Т. (1977). Новая технология внесения минеральных удобрений под сою – Селекция, семеноводство и агротехника сои. Научные труды. Новосибирск: СО ВАСХНИЛ. – С. 77-84.

10. Лабутова Н. М., Лях В. А., Аксенов И. В., Шевченко О. В., Гордон В. Л. (2003). Влияние двойной инокуляции биопрепаратами на основе азотфиксирующих и фосфатмобилизирующих микроорганизмов на продуктивность сои и содержание подвижных форм азота и фосфора в почве ризосферы / Лабутова Н. М., // Біологічні науки і проблеми рослинництва: Збірник наукових праць Уманського ДАУ (спеціальний випуск). Умань: Уманський ДАУ. – С. 262-266.

11. Башков А. С., Бортник Т. Ю. (2012). Влияние биологизации земледелия на плодородие дерново-подзолистых почв и продуктивность полевых культур. Аграрный вестник Урала. № 1(93). – С. 16-19.

12. Абашев В. Д., Козлова Л. М. (2005). Сидераты в адаптивном земледелии. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. № 6. – С. 169-178.

13. Дзюбайло А. Г., Мигаль І. Б. (2011). Формування продуктивності сортів сої залежно від норм висіву насіння, удобрення та інокулювання. Корми і

кормовиробництво. Вип. 69. – С. 129-132.

14. Гойсюк Ю. В. (2009). Структура урожаю та продуктивність сої сорту Золотиста залежно від традиційної та альтернативної технології її вирощування. Збірник наукових праць / За ред. доктора с.-г. наук, професора М. І. Бахмата. Кам'янець-Подільський, Вип. 17. – С. 37-42.

15. Глушак А. Г. (2006). Рівень урожайності зерна сої в залежності від обробітку ґрунту. Корми і кормовиробництво. Вип. 57. – С. 166-169.

16. Кравчук В., Погорілий В., Маринін С., Боднар О. (2013). Новітні техніко-технологічні рішення для різних систем обробітку ґрунту і сівби при вирощуванні зернових культур: проект «АгроОлімп». Техніка і технології АПК. № 7 (46). – С. 37-41.

17. Новохацький М., Негуляєва Н., Бондаренко О., Гусар І. (2017). Експертиза систем різноглибинного основного обробітку ґрунту при вирощуванні зернових культур. Техніка і технології АПК. № 2 (89). С. 33-37.

18. Черкасов Г. Н., Дубовик Е. В., Дубовик Д. В., Казанцев С. В. (2012). Плодородие чернозема типичного при минимизации основной обработки. Земледелие. № 4. – С. 23-25.

19. Камінський В. Ф., Мосьонз Н. П. (2010). Формування продуктивності сої залежно від агротехнічних заходів в умовах північного лісостепу України. Корми і кормовиробництво. Вип. 67. – С. 45-50.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗВ'ЯЗКУ ВРОЖАЙНОСТІ ЗЕРНОВИХ ТА ЗЕРНОБОБОВИХ КУЛЬТУР З ІНДЕКСОМ ЗДОРОВ'Я РОСЛИННОСТІ

Майданович Н. М. канд. геогр. наук, poljuljach@ukr.net,

УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого

Вступ. Важливу роль у прогнозуванні врожайності сільськогосподарських культур зараз відіграють дані спостережень за землею з космосу та похідні продукти (наприклад, вегетаційні індекси), які використовуються найчастіше як предиктори в моделях врожайності та оцінки стану рослин [1, 2]. Будуючи моделі врожайності, доцільно враховувати параметри, отримані із супутника, які включають метеоумови, зберігаючи умову мінімального введення даних. Одним із таких параметрів може бути Індекс здоров'я рослинності – VHI (Vegetation Health Index), який пов'язує динаміку вологості, зазначену Індексом стану рослинності VCI (Vegetation Condition Index), з тепловою динамікою, зазначеною TCI (Temperature Condition Index) [3, 4].

Зв'язок VHI із рівнем врожайності зернових культур досліджували у деяких країнах та посушливих регіонах [5-10]. В Україні застосування індексів VHI для аналізу та прогнозу рівня врожайності сільськогосподарських культур може бути особливо актуальними у посушливих регіонах півдня України.

Метою роботи є дослідження зв'язку врожайності зернових та зернобобових культур з індексом VHI в окремих південних регіонах України.

Матеріали і методи. Дослідження проведено за даними продуктивності зернових та зернобобових культур в Одеській та Миколаївській областях за 2011-2020 роки (за даними Державної служби статистики України) та вегетаційними індексами VHI за цей же період (у щотижневих композитах). Продукти VHI були отримані на основі даних NOAA STAR – Global Vegetation Health Products (роздільна здатність 4 км, композит за 7 днів). Зв'язок VHI з рівнем врожайності зернових та зернобобових культур оцінювали кореляційно-регресійним аналізом у програмному середовищі Microsoft Excel.

Результати і обговорення. Динаміка продуктивності групи зернових та зернобобових культур у 2011-2020 роках для Одеської та Миколаївської областей приведена на рисунку 1.

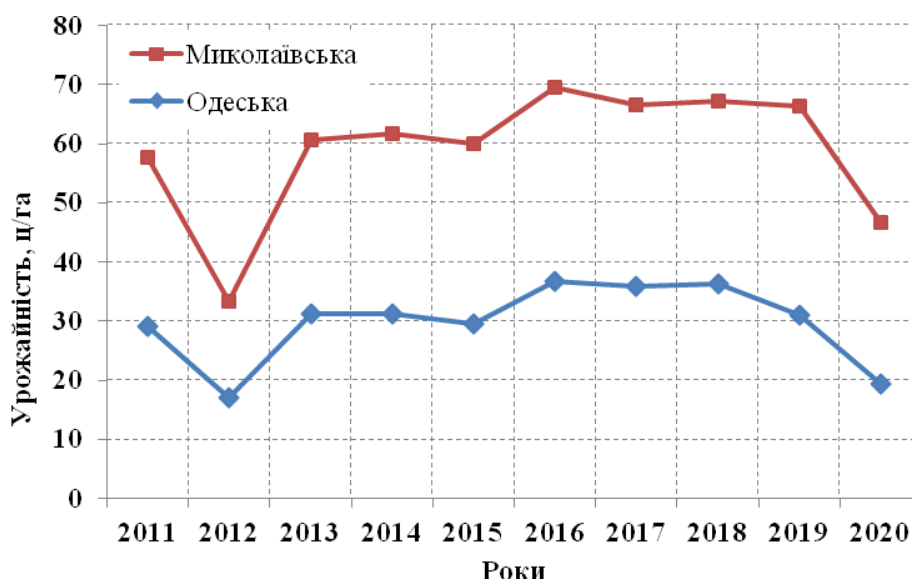


Рисунок 1 – Динаміка врожайності групи зернових та зернобобових культур для Миколаївської та Одеської областей

Як видно з рисунка 1, врожайність групи зернових та зернобобових культур у південних областях України залежить від загальних природних умов регіону (Миколаївська область має вищий загальний рівень врожайності порівняно з Одеською областю) та агрометеорологічних умов конкретного року (у посушливому 2012 році відмічається негативна тенденція врожайності у всіх регіонах).

Кореляційний аналіз VHI з рівнем врожайності зернових та зернобобових культур у південних областях України засвідчив наявність статистично значимого зв'язку цих параметрів (таблиця 1).

Таблиця 1 – Коефіцієнти кореляції врожайності зернових та зернобобових культур з індексом здоров'я рослинності VHI

Регіон	Номер тижня (з початку року)															
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
	квітень				травень				червень				липень			
Одеська	0,72	0,81	0,90	0,93	0,94	0,92	0,91	0,89	0,87	0,89	0,88	0,88	0,87	0,86	0,85	0,80
Микол.	0,55	0,69	0,79	0,86	0,91	0,91	0,90	0,87	0,86	0,88	0,86	0,85	0,84	0,83	0,81	0,77

Як видно з таблиці 1, зв'язок VHI з урожайністю зернових та зернобобових культур закономірно зростає впродовж періоду вегетації і набуває найбільшого

значення у першій половині травня. Отже, ці дані можуть бути використані для моделювання середньообласного рівня врожайності зернових і зернобобових культур на етапі їх раннього розвитку (кінець квітня/травня) та розроблення прогнозних оцінок врожаю для досліджуваних регіонів.

Позитивну кореляцію VHI з врожайністю зернових встановлено також в роботах науковців різних країн: для території Казахстану [11], Монголії [12], Марокко [9], Австралії [5], Болгарії [6], тощо. Ця робота є підтвердженням наявності аналогічних тенденцій взаємозв'язку врожайності зернових та зернобобових культур та VHI для України.

Висновки. Авторами встановлено наявність статистично значимого зв'язку між VHI та рівнем врожайності зернових та зернобобових культур в Одеській та Миколаївській областях з коефіцієнтами кореляції 0,8-0,9 в період з квітня по липень. Отримані коефіцієнти можуть бути застосовані для побудови модельних співвідношень розрахунку ранніх прогнозів врожайності зернових та зернобобових культур у південних областях України.

Література

1. Bruno Basso, Lin Liu (2019). Chapter Four - Seasonal crop yield forecast: Methods, applications, and accuracies. *Advances in Agronomy*, Academic Press, Volume 154, Pages 201-255, <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2018.11.002>.
2. Singh R. K., Singh T. R. and Kaushal U. (2019). Note on the Crop Yield Forecasting Methods. *Asian Journal of Agricultural Research*, 13: 1-5. DOI: 10.3923/ajar.2019.1.5
3. Kogan, F. N. (1990). Remote sensing of weather impacts on vegetation in non-homogeneous areas. *Int. J. Remote Sens.* 11, 1405-1419. <https://doi.org/10.1080/01431169008955102>
4. Yang, W., Kogan, F., & Guo, W. (2020). An Ongoing Blended Long-Term Vegetation Health Product for Monitoring Global Food Security. *Agronomy*, 10 (12), 1936. doi:10.3390/agronomy10121936

5. Kogan, F., Guo, W., Yang, W., & Harlan, S. (2018). Space-based vegetation health for wheat yield modeling and prediction in Australia. *Journal of Applied Remote Sensing*, 12(2), doi: 10.1117/1.JRS.12.026002
6. Kogan, F., Popova, Z., Singh, R., & Alexandrova, P. (2018). Early Forecasting Corn Yield Using Ground Truth Data and Vegetation Health Indices in Bulgaria. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 24 (Suppl. 2), 57-67.
7. Ribeiro, A. F., Russo, A., Gouveia, C. M., & Páscoa, P. (2019). Modelling drought-related yield losses in Iberia using remote sensing and multiscalar indices. *Theoretical and Applied Climatology*, 136 (1), 203-220. <https://doi.org/10.1007/s00704-018-2478-5>
8. Tuvdendorj, B., Wu, B., Zeng, H., Batdelger, G., & Nanzad, L. (2019). Determination of appropriate remote sensing indices for spring wheat yield estimation in Mongolia. *Remote Sensing*, 11(21), 2568. <https://doi.org/10.3390/rs11212568>.
9. Jarlan, L., Er-Raki, S., Albergel, C., Richard, B., Balaghi, R., & Khabba, S. (2020). Linkages between rainfed cereal production and agricultural drought through remote sensing indices and a land data assimilation system: a case study in Morocco. *Remote Sensing*, 12(24), 4018. <https://doi.org/10.3390/rs12244018>
10. Майданович, Н., Сайдак, Р. (2021). Застосування вегетаційних індексів VHI для прогнозування врожайності сільськогосподарських культур. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України, (29 (43), 126-134. [http://dx.doi.org/10.31473/2305-5987-2021-1-29\(43\)-12](http://dx.doi.org/10.31473/2305-5987-2021-1-29(43)-12)
11. Bokusheva R., Kogan F., Vitkovskaya I., Conradt S., Batyrbayeva M. (2016). Satellite-based vegetation health indices as a criteria for insuring against drought-related yield losses. *Agricultural and Forest Meteorology*, Volume 220, Pages 200-206. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2015.12.066>
12. Tuvdendorj, B., Wu, B., Zeng, H., Batdelger, G., & Nanzad, L. (2019). Determination of appropriate remote sensing indices for spring wheat yield estimation in Mongolia. *Remote Sensing*, 11(21), 2568. <https://doi.org/10.3390/rs11212568>.

УЛЬТРАМІЛКИЙ ПОВЕРХНЕВИЙ ОБРОБІТОК ҐРУНТУ КУЛЬТИВАТОРОМ КД-4 «КОЛІСНИЦЯ»

Шустік Л., канд. техн. наук, ст. наук. співроб., shustik@ukr.net,

Гайдай Т., канд. техн. наук, tanusha-h@ukr.net,

Степченко С.,

Сидоренко С., silviya20@ukr.net,

Лень О., kseniyakrukova@bigmir.net,

Клочай О.,

УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого

Вступ. Обробіток ґрунту – одна з ключових і відповідальних ланок у процесі вирощування сільськогосподарських культур.

Сучасні виклики, які стоять перед аграріями всього світу, стосуються кліматичних змін, які здебільшого пов'язані з дефіцитом вологи, тенденціями подорожчання пального, погіршенням екології, тому в останні десятиріччя поряд з традиційними знаряддями обробітку ґрунту відмічено динамічна поява нових робочих органів, які можуть забезпечити компроміс між якістю виконання технологічного процесу і вирішенням вищезгаданих проблемних аспектів.

Якщо розглядати тенденції розвитку ґрунтообробних машин залежно від глибини обробітку, яка фактично визначає спосіб обробітку – мілкий, до 10 см, середній – 16-20 см, і глибокий – 30-45 см, то стосовно мілкого обробітку, який саме і досліджувався нами, можливо відмітити таке. На зміну широко впроваджених дискових і лапових робочих органів, які, зі свого боку, пройшли суттєве вдосконалення щодо забезпечення і покращення віброколивальних функцій, приходять нові робочі органи. До них можна віднести: використання пружинних пальців у вигляді монолітного прутка, зв'язаного в місці защемлення конічними пружними багатовитковими демпферами, знаряддя з дисками Cross-Cutter (Vederstad), X-Cutter Disk (Amazone), котки, які рубають, а також робочі органи для технології Verti-till– хвилясті диски фірми Salford або Turbodisk фірми

Case (США), кільцеві робочі органи (ультрамілкий обробіток).

Застосування нових робочих органів як на пострадянському просторі, так і в Україні, особливо активізувалося в останні 5 років. Використання саме цих робочих органів повністю відповідає висунутим вимогам за екологічністю, енергетикою і адаптацією до змін клімату.

Зокрема, виробники німецької фірми НЕКО [1] позиціюють машину для мілкого обробітку ґрунту з можливістю однорідного за глибиною обробітку ґрунтового горизонту, розпушення підрізаної маси внаслідок часткового піднімання і сепарації шпицями підрізаної скиби. За таких умов, різальні кільця не створюють великих навантажень через постійне перебування в землі лише невеликої частини кільця, фактично обмеженої хордою, яка утворює поверхню ґрунту і занурена скоба. А це свідчить про тривалість її надійного застосування.

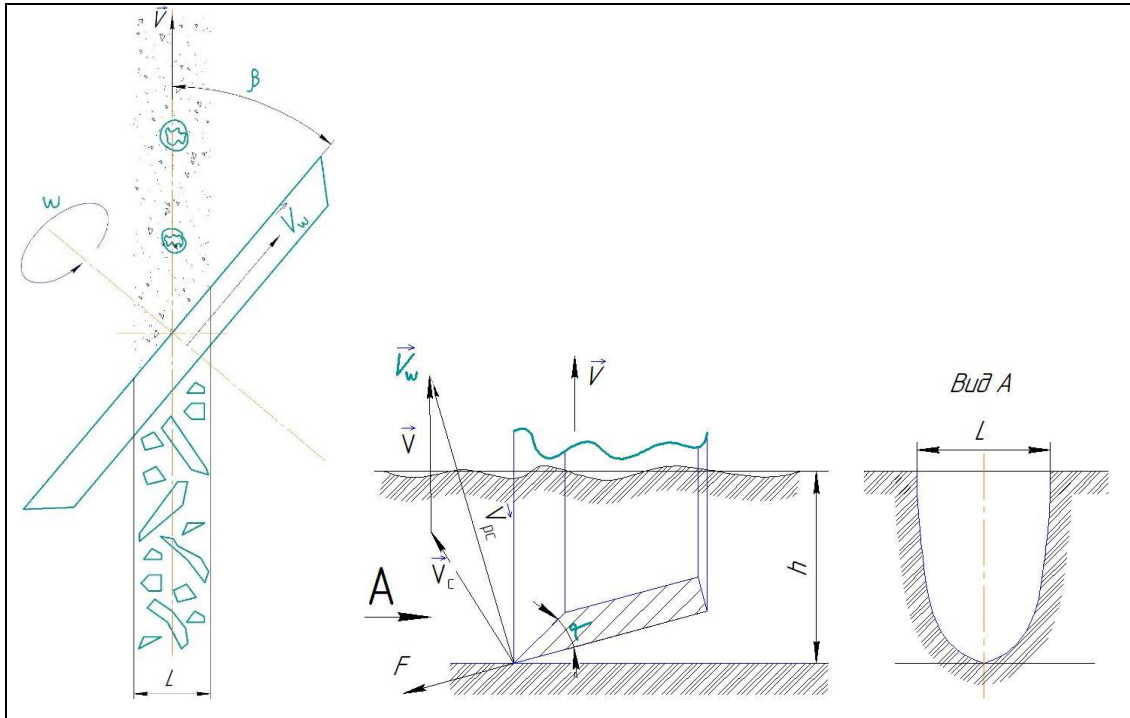
Виробники кільцевих борін «БКП» позиціюють своє знаряддя, як ефективний засіб видалення бур'янів, особливо на початкових фазах їхнього розвитку, витисканням бур'янів разом з кореневою системою. Тому їх доцільно використовувати, залежно від пори року, на виконанні таких технологічних операцій:

- ранньовесняне боронування для закриття вологи з одночасним розпушуванням і вирівнюванням поверхні;
- обробіток стерні після збирання попередника безпосередньо відразу ж після збирання;
- передпосівний обробіток ґрунту для сівби ранніх ярих зернових, технічних і дрібнонасінних культур;
- передпосівний обробіток ґрунту для сівби пізніх ярих культур з одночасним знищенням і вичісуванням сходів бур'янів. [2]

В основі конструкції знарядь покладено використання робочого органу – кільця у формі конічно-зрізаного конусу з тупими робочими гранями, які націлені не на різання, а на витискання з ґрунту наявних в ньому решток (рис.1). Дообладнання кільця шпицями та притаманний йому обертальний рух, мала ширина кожного з кілець, зібраних у батареї і повернутих під кутом до напрямку руху агрегата, сприяють інтенсивному підрізання і винесенню решток на

поверхню ґрунту за малих енерговитрат.

Використання кільцевих борін, за твердженням авторів, фактично є механічним процесом знищення бур'янів, які на сучасному етапі є екологічно та енергетично ефективним.



$\vec{V}$ – вектор поздовжньої швидкості; L – робоча ширина під час руху різального кільця;

h – глибина занурення кільця; β – кут повороту кільця; ω – частота обертання кільця;

α – кут загострення кільця; V_c – вектор пластичної деформації ґрунту; V_ω – вектор обертальної швидкості;

V_{pc} – вектор загальної швидкості спущеної маси; F – вектор рубального зусилля

Рисунок 1 – Принципова схема роботи кільцевого робочого органу

Фактично цей процес близький до використання ґрунтообробних скиб, які мають різні варіанти конструкційного виконання, але з тією перевагою, що він працює на основі обертового руху, який забезпечує рівномірність зносу робочих зон, впливає на підвищення швидкісних режимів роботи та розширює функційні можливості знаряддя.

Останні два десятиліття відзначилися появою, розвитком і надзвичайно широким упровадженням дискових робочих органів встановлених на індивідуальних стійках (варіодиски). Ці знаряддя разом з добре відомими господарникам луцильниками, де система дисків, яка нанизана на єдиний вал є одним з найбільш використовуваних знарядь для першого післязбирального обробітку стерні.

Постановка завдань. Зважаючи на те, що зазначені знаряддя характеризуються надзвичайно високою різноманітністю використання, мають високі техніко-технологічні та техніко-експлуатаційні характеристики за умов сучасних викликів, необхідно провести порівняння роботи варіодискових робочих органів і кільцевих борін за результатами виконання технологічної операції з лушення стерні та оцінити їхню роботу за характерними критеріями оцінки.

Мета роботи – порівняння якості виконання технологічного процесу лушення стерні дисковими і кільцевими органами за вузьким переліком критеріїв на чорноземі важкому малогумусному середньосуглинковому правобережного Лісостепу України (Тиврівський р-н, Вінницька обл.).

Завдання досліджень:

- виявити базові конструкційно-технологічні особливості досліджуваних машин;
- вибрати критерії оцінювання;
- провести польові дослідження між 1-м і 2-м циклами поверхневого обробітку в динаміці;
- провести відбір проб, їхню обробку та аналіз за критеріями: збереження вологості в шарі ґрунту до 10 см, середньої глибини спушеного шару, підрізання, збереження рослинних решток на поверхні ґрунту;
- провести порівняння ефективності застосування різних робочих органів за вибраними критеріями та скласти прогноз щодо перспектив застосування кільцевої борони в ультрамілкому обробітку ґрунту.

Матеріали і методи. Робоча гіпотеза досліджень – кільцеві робочі органи, порівняно з дисковими, більш ефективно виконують технологічний процес лушення стерні за критеріями збереження вологості в шарі ґрунту 0-10 см, середньої глибини спушеного шару, підрізання, збереження і розподілу рослинних решток на поверхні ґрунту.

Під час проведення досліджень застосовувалися методи аналітичного аналізу конструкції, польовий експеримент, визначення показників стандартизованими методиками та статистична обробка даних.

Статистичний аналіз експериментальних даних проводили дисперсійним методом Доспехова.

Результати.

Культиватор дисковий КД-4 з котком «КОЛІСНИЦЯ» (рис. 2) призначений для ультрамілкового поверхневого обробітку, підрізання стерні та рослинних залишків і рівномірного розподілу її на поверхні поля для захисту від випаровування та сприяння хорошему проникненню води без замулення поверхні, вирішення проблем збереження вологості, вирівнювання полів, відновлення природного стану ґрунту.

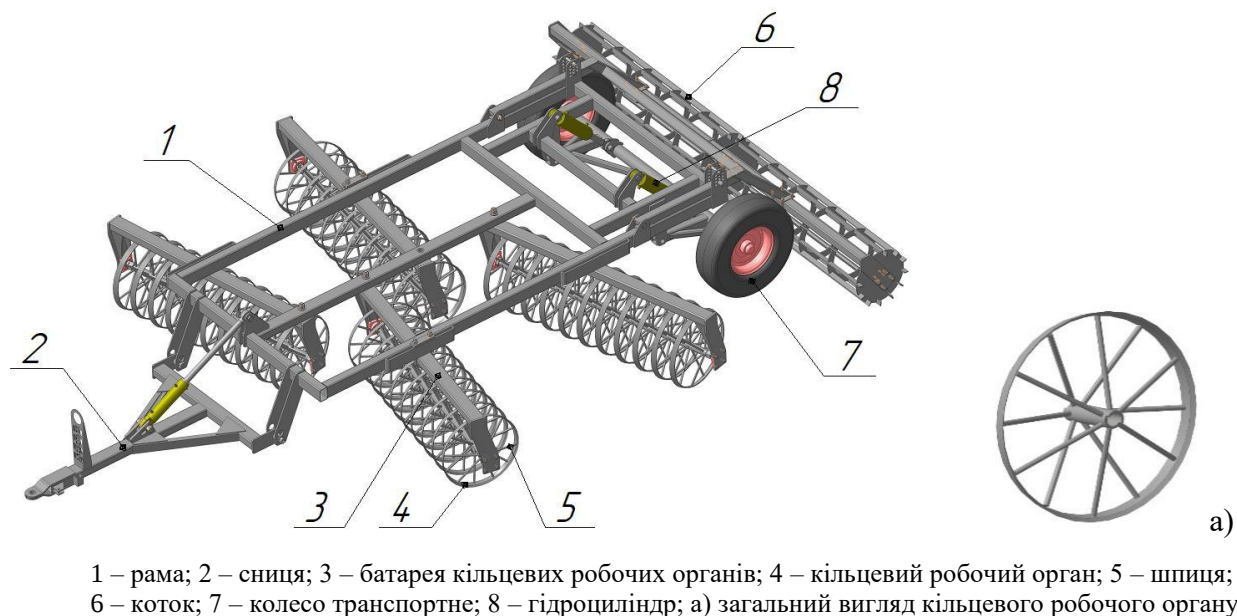


Рисунок 2 – Принципова схема культиватора кільцевого

Технічні параметри робочих органів: робоча ширина – 4 м; тип робочого органу – конічне кільце; характеристики кілець: загальна кількість – 42, діаметр – 690 мм, ширина – 45 мм, товщина – 8 мм; кут нахилу твірної до нижньої основи – 15° ; кількість шпичей на кільці – 20 або 22; діаметр шпичей – 16 мм; діаметр вала – 50 мм; діаметр котка – 500 мм; ширина котка – 4 м.

Дискатор (рис. 3) призначений для поверхневого, мілкового обробітків ґрунту на глибину 4-12 см з одночасним кришенням ґрунту, підрізання кореневої системи бур'янів та пожнивних залишків, часткового їх загортання.

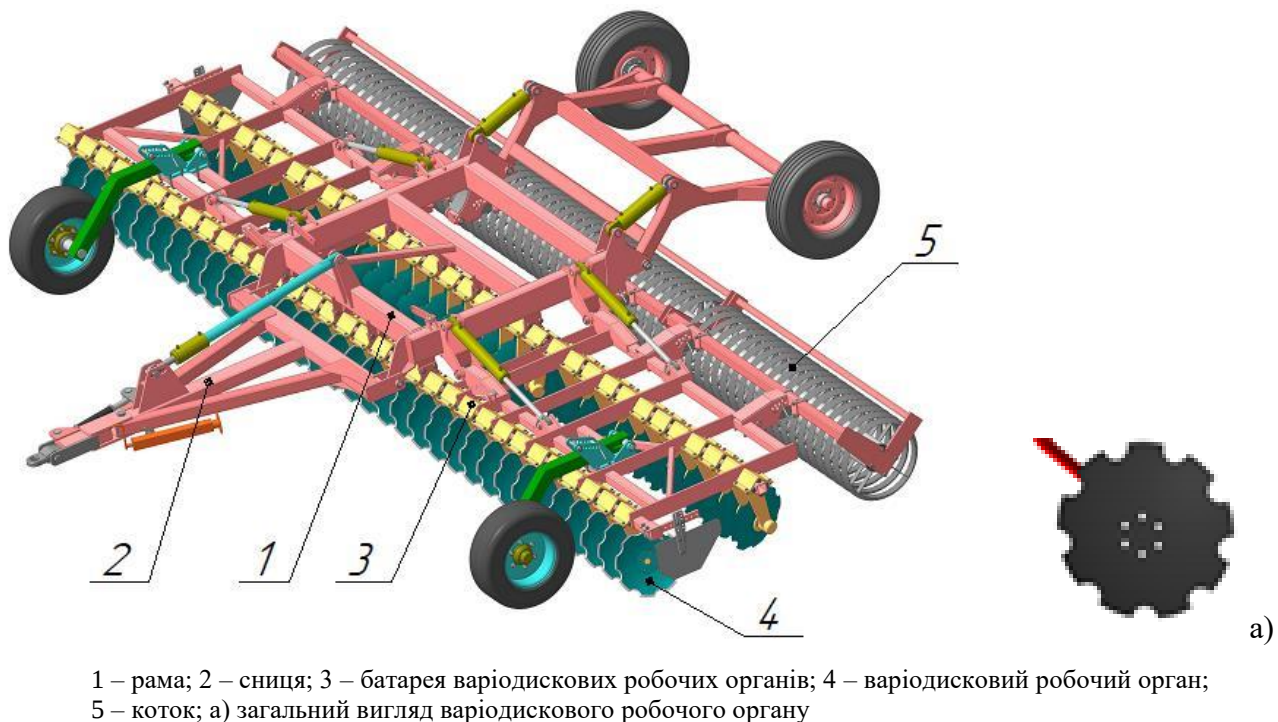


Рисунок 3 – Принципова схема дискатора

Технічні параметри робочих органів: робоча ширина – 10 м; тип робочого органу – вирізний варіодиск; кут установки варіодиска: нахилу – 21° , повороту – 10° ; діаметр диска – 500 мм; крок установки робочих органів – 250 мм.

Вибираючи критерії оцінювання було взято за основу показники глибини ходу робочих органів, підрізання бур'янів, збереження рослинних решток на поверхні ґрунту та вологості ґрунту в шарі, як ті, які найбільш інформативно характеризують забезпечення режимів роботи, якості виконання і перспективи реалізації агротехнічного прийому конкретним технічним рішенням [3].

Згідно з вибраними критеріями виконано відбір проб, їхній аналіз та статистичне оцінювання отриманих показників. Узагальнені результати наведено у таблиці 1.

Таблиця 1 – Узагальнені результати досліджень

Показник	Значення показника	
	КД-4	Дискатор
Глибина ходу робочих органів, см	5	8
Підрізання бур'янів, %	98	78
Збереження рослинних решток на поверхні ґрунту, %	89,2	38,9
Вологість ґрунту в шарі до 10 см, % (після обробки/на 9 день)	22,8/25,6	23,4/23,1

Відповідно до отриманих даних, побудовано графіки (рис. 4-6), які візуально в порівнянні двох машин інтерпретують їхнє забезпечення досягненням критеріїв.

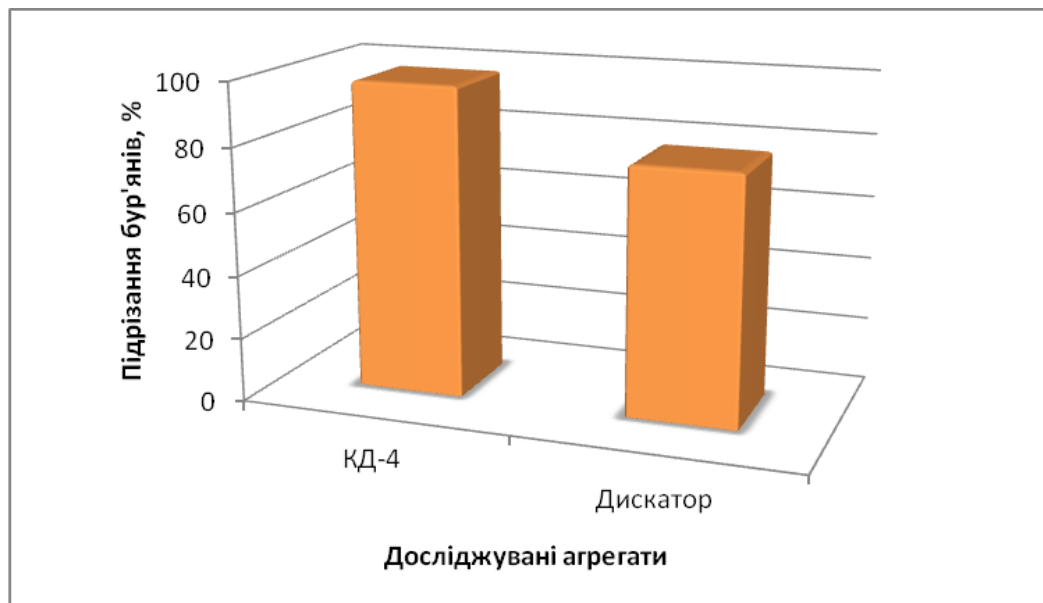


Рисунок 4 – Підрізання бур'янів агрегатами КД-4 та дискатором

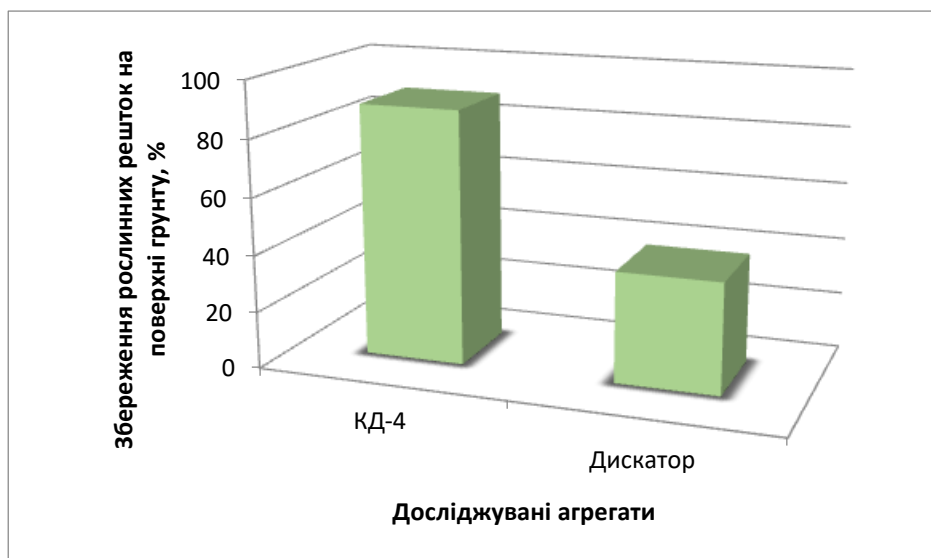


Рисунок 5 - Збереження рослинних решток на поверхні ґрунту після проходу агрегатами

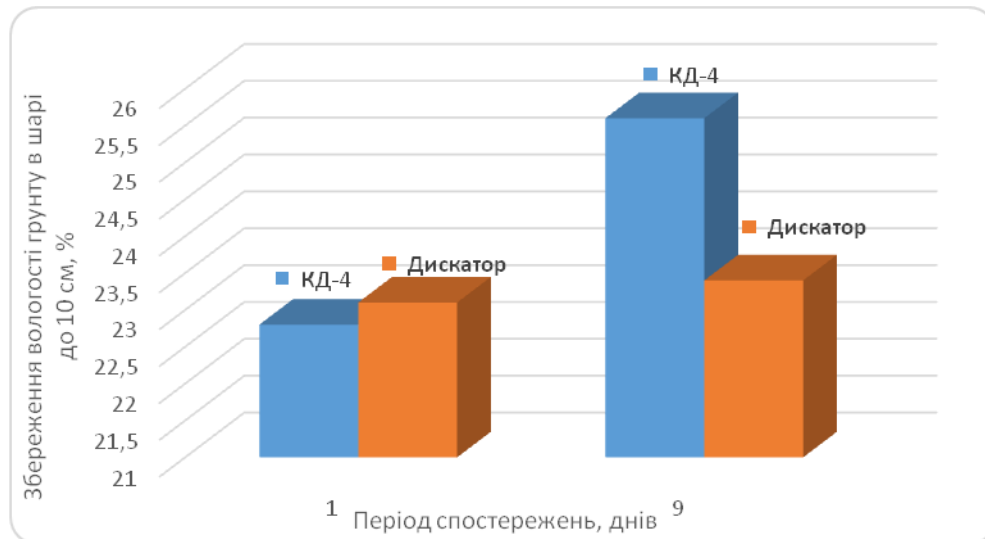


Рисунок 6 - Збереження вологості ґрунту в шарі до 10 см після проходу агрегатами КД-4 та дискатора

Обговорення. У своїх дослідженнях [4] автори використовують терміни надмілкового (ультрамілкого) обробітку ґрунту і пов'язують його з однорідною мілкою глибиною (не більше 30 мм), що особливо актуально за провокування сходів дрібного насіння, подальшої боротьби зі сходами бур'янів та падалиці, а також сівби в мілкий рівномірно оброблений горизонт. Такої думки про впровадження ультрамілкового обробітку дотримуються автори [4, 5], які характеризують його як фітосанітарний захід з високим мульчувальним ефектом, незначним використанням палива, позитивом використання мульчі рослинних залишків на поверхні для захисту її від випаровування тощо.

Досягти малої глибини обробітку ґрунту можна різними робочими органами: пружинними пальцями, ножовими котками, турбодисками, хвилястими дисками, Cross-Cutter дисками, ротаційними боронами. І їхня дія на ґрунт має суттєві відмінності, пов'язані з позиціюванням ґрунтових агрегатів як у вертикально-горизонтальних площинах, так і впливом рослинних решток на можливість і якість виконання технологічного процесу.

Зокрема, використання пружинно-пальцевих борін з великим діаметром прутка не завжди сприяє рівномірності розподілу наявних решток на поверхні, а в значній мірі може формувати великі скупчення [6, 7].

Вертикальний обробіток ґрунту позиціюється з обладнанням фірми Salford

[8] та інших виробників. У його основі лежить навантажений значним зусиллям підпружинений хвилястий диск технологічно забезпечує поверхневий обробіток ґрунту, вкритого шаром поживних залишків. Він також має включати управління щільністю, тому дія цього обладнання поширюється і на більш глибокі горизонти і, на нашу думку, не підпадає під визначення ультрамілкового обробітку.

Вказане може стосуватися й обладнання, що позиціюється з Verti-till, де використовуються не хвилясті, а варіодискові чи дискові [9] знаряддя з великим кутом атаки. У цьому випадку в значній мірі втрачається ефект покриття поверхні мульчею, оскільки остання інтенсивно загортається в нижні горизонти обробленого шару.

Найповніше визначенню ультрамілкового обробітку відповідають Cross-Cutter диски, філософія використання яких адаптована під вирощування ріпака, де закладено принципи боротьби з проблемами самосіву олійного ріпака, механічної альтернативи боротьби з гербіцидостійкими бур'янами і проблемами протидії наявних в стеблах шкідників [10].

Значущість вибору базових обраних критеріїв (збереження вологості ґрунту, збереження рослинних решток, підрізання бур'янів) підтверджується в дослідженнях вітчизняних і зарубіжних авторів.

Наявність решток над обробленим ґрунтом дуже важлива, що в подальшому сприяє накопиченню вологи в поверхневому шарі ґрунту. Окрім зберігання вологи, підтверджено позитив нівелювання високих температур в обробленому шарі ґрунту, зокрема, в дослідженнях авторів [11], які відмічають, що на глибині ґрунту 10 см температура знижувалася на 5 °C. З нашої точки зору, це буде сприяти накопиченню вологи в нічний час під шаром решток завдяки наявному перепаду температур.

За дослідженнями ряду авторів [12], залишена на поверхні мульча повинна включати не менше 80 % фракцій подрібненої соломи, завдовжки до 100 мм, що визначає можливість і якість наступних технологічних операцій.

Це може бути забезпечено як якісно подрібненою, так і рівномірно розподіленою мульчею [13], причому, на вказані параметри впливають як технічні

можливості і режими роботи комбайна, так і дія на ці рештки використаного далі ґрунтообробного знаряддя.

Зокрема, в роботі [14] досліджено вплив швидкісних режимів (зокрема в інтервалі 15-24 км/год з рівнем квантування 3 км) безприводних робочих органів на якість подрібнення. Відмічено, що швидкість позитивно сприяє на доподрібнення решток та рівномірність їх розподілу на поверхні. Однак, на нашу думку автори повинні акцентувати увагу на вологості ґрунту, оскільки за низьких значень цього показника в поверхневому шарі недоцільно перевищувати поріг швидкості більше 10-15 км. Наслідком перевищення швидкості вищевказаних значень є дуже високе пилоутворення з наступним негативом зносу і вітрової ерозії [10].

Враховуючи наведене, визначено доцільність порівняння кільцевого культиватора, в якому поєднано техніко-технологічні аспекти незначного заглиблення конічного колеса, наявних різальних площин та шпиць із функцією виносу мульчі на поверхню за обертального руху колеса, що можна трактувати як ультрамілкий процес обробітку ґрунту порівняно з найбільш поширеними в господарствах України дисковими знаряддями. Через це було обрано дискатор з невеликим навантаженням на диск (близько 30-35 к.с.).

Доцільність застосування критеріями: збереження вологості в шарі ґрунту до 10 см, середня глибина спущеного шару, підрізання, збереження рослинних решток на поверхні ґрунту, що регламентовано нормативною документацією та дослідженнями авторів [15, 16].

Зараз гостро стоїть питання збереження ресурсів. Тому механічний обробіток, як альтернатива використанню хімічних засобів, досліджено в багатьох роботах, зокрема в повідомленні [17] зазначено про суттєву економію коштів на альтернативне використання кільцевого культиватора хімічними препаратами у боротьбі з однорічними, багаторічними бур'янами, падалицею тощо.

Висновки. Використання культиватора кільцевого КД-4 забезпечує ультрамілкий поверхневий обробіток ґрунту і є складовою сучасного тренду розвитку агротехнологій з базовими принципами – мінімізації глибини

проникнення для збереження ґрунтового середовища в природньому стані; позитива використання мульчі рослинних залишків на поверхні для захисту її від випаровування та сприяння хорошему проникненню води без замулення; нівелювання впливу температурних коливань на кореневу систему; оптимізації умов розкладання рівномірно розподілених решток і дії ґрунтової біоти; захисту від бур'янів; високої змінної продуктивності робіт.

Література

1. НЕКО Ringschneider. / Konrad Hendlmeier, Ehweg 1, Untersanding 1976. Електронний ресурс http://www.heko-landmaschinen.de/pdf/2013_Ringschneider.Pdf.
2. Електронний ресурс: <https://agriline.tj/-/prodazha/katki-selhoztehnika/sibagrotehnopark-boroni-kilcevi-bkp—20050413283129929300>
3. Babitsky L. F., Moskalevich V. Y. and Ismailov Ya. N. (2022). Experimental results of the ring-cutting tillage roller. Federal State Autonomous Educational Institution Higher Education “V. I. Vernadsky. Crimean Federal University. Електронний ресурс <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/979/1/012083>
4. Дивак Ю. (2021) Як акумулювати в ґрунті до 200 мм вологи без дощів?! Агробізнес сьогодні. №3. С 24-26
5. New Disk Uses Ultra-Shallow Tillage. Електронний ресурс. https://www.farmshow.com/view_articles.php?a_id=1809.
6. Шустік Л. П., Нілова Н. П., Гайдай Т. В., Степченко С. В., Сидоренко С. М. (2021). Провокування проростання насіння падалиці пружинно-пальцевими боронами – важливий агротехнічний метод управління забур'яненістю агрофітоценозу. Збірник наукових праць УкрНДПВ ім. Л. Погорілого. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. Випуск 28 (42). – С. 224-236. [http://dx.doi.org/10.31473/2305-5987-2021-1-28\(42\)-19](http://dx.doi.org/10.31473/2305-5987-2021-1-28(42)-19).
7. Шустік Л. П., Нілова Н. П., Сидоренко С. М., Гайдай Т. В., Лень О. С. (2021). Фокус-тест: Якість виконання технологічного процесу поверхневого обробітку ґрунту. Культиватор дисковий КД-4 «КОЛІСНИЦЯ». УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого. Дослідницьке.
8. Думич В. (2018) Verti-till — нові можливості. Електронний ресурс. <http://agro-business.com.ua/agro/mekhanizatsiia-apk/item/12126-vertitill-novi-mozhlyvosti.html>
9. Dave Kanicki. (2014) What is Vertical Tillage Anyway? Електронний ресурс. https://www-farm-equipment-com.translate.google.com/articles/10122-what-is-vertical-tillage-anyway?x_tr_sl=en&x_tr_tl=ru&x_tr_hl=ru&x_tr_pto=op,sc

10. Шустік Л., Нілова Н., Гайдай Т., Степченко С., Сидоренко С. (2021). Вплив змінних швидкісних показників ротаційної борони БЗР-9,0 на якість виконання міжрядного обробітку соняшнику. Збірник наукових праць Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. Випуск 28 (42). – С. 102-114. [http://dx.doi.org/10.31473/2305-5987-2021-1-28\(42\)-8](http://dx.doi.org/10.31473/2305-5987-2021-1-28(42)-8).
11. Trends in soil cultivation technology. 2019. Електронний ресурс. <https://www.agritechnica.com/en/press/latest-news#!/news/trends-in-soil-cultivation>.
12. Кравчук В., Погорілий В., Маринін С, Боднар О. (2013). Новітні техніко-технологічні рішення для різних систем обробітку ґрунту і сівби при вирощуванні зернових культур: проект АгроОлімп. Техніка і технології АПК. №7. – С 37-41
13. Демидов С., Стародубцева М., Савицька О. (2018). Мульчування як перевага. Агробізнес сьогодні. Електронний ресурс. <http://agro-business.com.ua/agro/mekhanizatsiia-apk/item/11614-mulchuvannia-iaak-perevaha.html>
14. Сало В., Богатирьов Д. (2017). Обладнання для подрібнення рослинних решток. Пропозиція. Електронний ресурс <https://propozitsiya.com/ua/obladnannya-dlya-podribnennya-roslynnyh-reshtok>
15. ДСТУ 4263:2004. Якість ґрунту. Показники родючості ґрунтів – Київ: Держспоживстандарт України, 2005.
16. СОУ 74.3-37-155:2004. Випробування сільськогосподарської техніки. Машина і знаряддя для обробітку ґрунту. Методи випробувань. – Київ: Стандарт Мінагрополітики України, 2006.
17. Електронний ресурс
[https://www.youtube.com/watch?v=FtNOIkChFak&ab_channel=%D0%90%D0%93%D0%A0%D0%9E%D0%92%D0%90%D0%9D]

ВПЛИВ ПОЗАКОРЕНЕВОГО ЖИВЛЕННЯ ТА УЩІЛЬНЕННЯ ГРУНТУ КОЛЕСАМИ ПОСІВНОГО МТА НА ВРОЖАЙНІСТЬ КУКУРУДЗИ

Сало Я., yaroslavsalo13@gmail.com,

Думич В., dumych1963@ukr.net,

Львівська філія УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого,

Бова Д., dmitrobova@gmail.com,

ТЗОВ “Жовківський племптахорепродуктор”

Вступ. За даними міжнародних організацій, у найближчій перспективі споживання зернових у світі збільшиться на 390 млн. т. Це певною мірою пов'язано зі збільшенням використання фуражного зерна, 70 % якого становитиме кукурудза [1]. Тому для забезпечення попиту виникає потреба в нарощуванні обсягів виробництва і підвищенні зернової продуктивності кукурудзи на основі впровадження сучасної високопродуктивної техніки та ефективних технологічних рішень.

Проте впровадження ефективних технологій з використанням високопродуктивних машин в агрегаті з потужними і важкими енергозасобами може привести до ущільнення ґрунту їхніми рушіями і негативно вплинути на вегетацію рослин та врожайність культури [2, 3]. У процесі обробітку ґрунту ущільнення ходовими колесами енергозасобів дещо нівелюється ґрунтообробними робочими органами. Однак під час сівби просапних культур, зокрема кукурудзи, можна зауважити, що сошники сівалок працюють по сліду трактора в зоні значного ущільнення ґрунту.

Значний вплив на врожайність кукурудзи мають також системи живлення та захисту рослин, а деякі науковці [4] вважають, що без позакореневого підживлення комплексом мікродобрив проблемно отримати високі та якісні врожаї.

Рівень урожайності залежить і від фітосанітарного стану посівів. Внаслідок шкодочинної дії фітопатогенів втрати врожаю становлять у середньому 9,4 % [5, 6].

Мета роботи – оцінити вплив ущільнення ґрунту ходовими колесами трактора посівного агрегата та позакореневого підживлення і захисту рослин на врожайність та економічну ефективність вирощування кукурудзи на зерно.

Матеріали і методи. Дослідження проводились в умовах Заходу України впродовж 2020-2021 років на дослідному полі ТзОВ “Жовківський ППР”, яке характеризувалося дерново-підзолистими легкосуглинковими ґрунтами. На полі вирощували кукурудзу гібриду Піонер (ФАО 300).

Попередник – соя. Система обробітку ґрунту включала дискування на глибину 15 см та передпосівний обробіток на глибину 5 см. Під передпосівний обробіток ґрунту внесено мінеральні добрива – карбамід (200 кг/га) і сульфат магнію (150 кг/га). Сівбу насіння виконували сівалкою Väderstad Tempo 8. Норма висіву – 15 кг/га. Одночасно із сівбою сівалка вносила в ґрунт добриво (поліфоска – 150 кг/га). Під час виконання технологічної операції посівним МТА в складі сівалки Tempo 8 та трактора Fendt 722 в стандартній комплектації встановлено, що два висівні апарати працюють по слідах коліс трактора в зоні ущільнення ґрунту. Для захисту рослин від бур’янів посіви обробляли посходовим гербіцидом Таск Екстра (0,44 л/га).

Для проведення досліджень поле було розбито на дві ділянки. Площа ділянки – 100 м². Довжина ділянки – 16,7 м, ширина рівна ширині захвату сівалки і становила 6 м. Повторність досліду триразова.

На ділянці 1 не передбачалось виконання операцій з підживлення і захисту рослин від шкідників і хвороб у період вегетації. На ділянці 2 проведено позакореневе підживлення водорозчинним добривом Розасоль 18-18-18+МЕ (3 кг/га) та захист рослин від шкідників і хвороб із застосуванням інсектициду Август Борея Нео (0,7 л/га) та фунгіциду Амістар Екстра 280 SC (0,7 л/га). Водорозчинне добриво Розасоль вносили обприскувачем Amazone UX 3200 Special у фазі розвитку рослин 6-8 справжніх листків. Обприскування посівів робочим розчином інсектициду та фунгіциду виконували перед викиданням волоті з використанням мультикоптера DJI Agras T30.

На ділянці 2 показники визначали окремо в рядках рослин, розміщених по сліду трактора посівного агрегата (дослід 2.1), поза слідами трактора (дослід 2.2) та по всіх рядках ділянки (дослід 2.3). Схема дослідів наведена в таблиці 1.

Таблиця 1 - Варіанти дослідів

Ділянка	Варіант дослідів	Суть дослідів
1	2	3
Ділянка 1 (без внесення мікродобрив і засобів захисту рослин)	Дослід 1.1	Оцінювання показників на всіх рядках ділянки
Ділянка 2 (проведено позакореневе підживлення і заходи захисту рослин)	Дослід 2.1	Оцінювання показників у рядках поза зоною впливу ходової системи посівного агрегата
	Дослід 2.2	Оцінювання показників у рядках поза зоною впливу ходової системи посівного агрегата
	Дослід 2.3	Оцінювання показників на всіх рядках ділянки

У період повної стиглості, в усіх варіантах дослідів визначали кількість качанів, вміст повноцінних зернин в качані, вагу зерна в качані та біологічну врожайність зерна. Показники визначали за методами КНД 46.16.02.08-95 “Техніка сільськогосподарська. Методи визначення умов випробувань”, економічну ефективність – за методами ДСТУ 4397:2005 “Сільськогосподарська техніка. Методи економічного оцінювання техніки на етапі випробувань”. Статистичну обробку результатів досліджень проводили за Б. А. Доспеховим [7].

Результати та обговорення. У результаті досліджень відзначено позитивний вплив позакореневого підживлення на заходи захисту рослин, формування елементів структури врожаю та зернову продуктивність кукурудзи і встановлено зниження показників елементів структури зернової продуктивності кукурудзи в рядках по слідах трактора, з яким агрегувалася сівалка (в зоні ущільнення).

Упровадження позакореневого підживлення та захисту рослин у період вегетації (ділянка 2) сприяло збільшенню ваги зерна з качана на 12,8 г та кількості качанів з одиниці площі на 7,17 тис. шт./га порівняно з показниками на ділянці 1 (табл. 2).

Таблиця 2 – Показників елементів структури зернової продуктивності кукурудзи

Показник	Значення показника			
	Ділянка 1	Ділянка 2		
	дослід 1.1 (по всіх рядках)	дослід 2.1 (по колії)	дослід 2.2 (поза колією)	дослід 2.3 (по всіх рядках)
Кількість качанів у рядку, шт./м. погонний	3,83	3,86	4,54	4,37
Кількість качанів, тис. шт./га	51,10	51,47	60,53	58,27
Маса качана, г	256	254	259	258
Вміст повноцінних зернин на качані, %	85	85	86	85,8
Вага зерна на качані (вологістю 14 %), г	202,1	211,7	216,0	214,9
Вага зерна в рядку, г/м. погонний	774	817	980	939
Врожайність зерна в рядку, т/га	10,32	10,89	13,07	12,52

Збільшення елементів структури врожаю зумовило його збільшення на ділянці 2, де він становив 12,52 т/га (дослід 2.3), а на ділянці 1 – 10,32 т/га. Приріст зернової продуктивності на ділянці 2 (дослід 2.3) становив 2,20 т/га або 21,3%.

За даними, одержаними в дослідях 2.1 і 2.2, ділянки 2 відзначено, що кількість качанів у рядках по слідах трактора є на 9,06 тис. шт./га меншою порівняно з їхньою чисельністю на неущільнених рядках. На ущільнених рядках одержано також на 13,9 г меншу вагу зерна в качані. Зниження значень вище наведених показників привело до зменшення середньої ваги насіння зібраного з рядків ділянок, а отже і врожайності зерна кукурудзи в рядках у зоні ущільнення ґрунту ходовими колесами енергозасобу з 13,07 до 10,89 т/га або на 2,28 т/га (на 20,9 %).

Проаналізувавши дослідження можна прийти до висновку, що величина втрат від негативного впливу ходової системи енергозасобу посівного МТА на ґрунт, яка становить 20,9 % та приріст врожаю від упровадження позакореневого підживлення і захисту рослин 21,3 % практично перебувають на одному рівні.

Показники економічної ефективності вирощування кукурудзи на зерно наведено на гістограмі (рис. 1).

Завдяки збільшенню врожайності економічний ефект від позакореневого підживлення і системи захисту рослин від шкідників і хвороб (в середньому по всіх рядках) на ділянці 2 порівнянні з ділянкою 1 становив 10,91 тис. грн./га. На не ущільнених рушіями трактора рядках (дослід 2.2) ефект складає 19,8 тис.грн./га, а в рядках, розташованих по слідах трактора – лише 614 грн./га. Тому

в розрізі рядків по ширині захвату сівалки, економічний ефект від внесення мікродобрив і заходів захисту рослин на рядках по слідах трактора набагато менший порівняно з неущільненими колесами посівного МТА рядками.

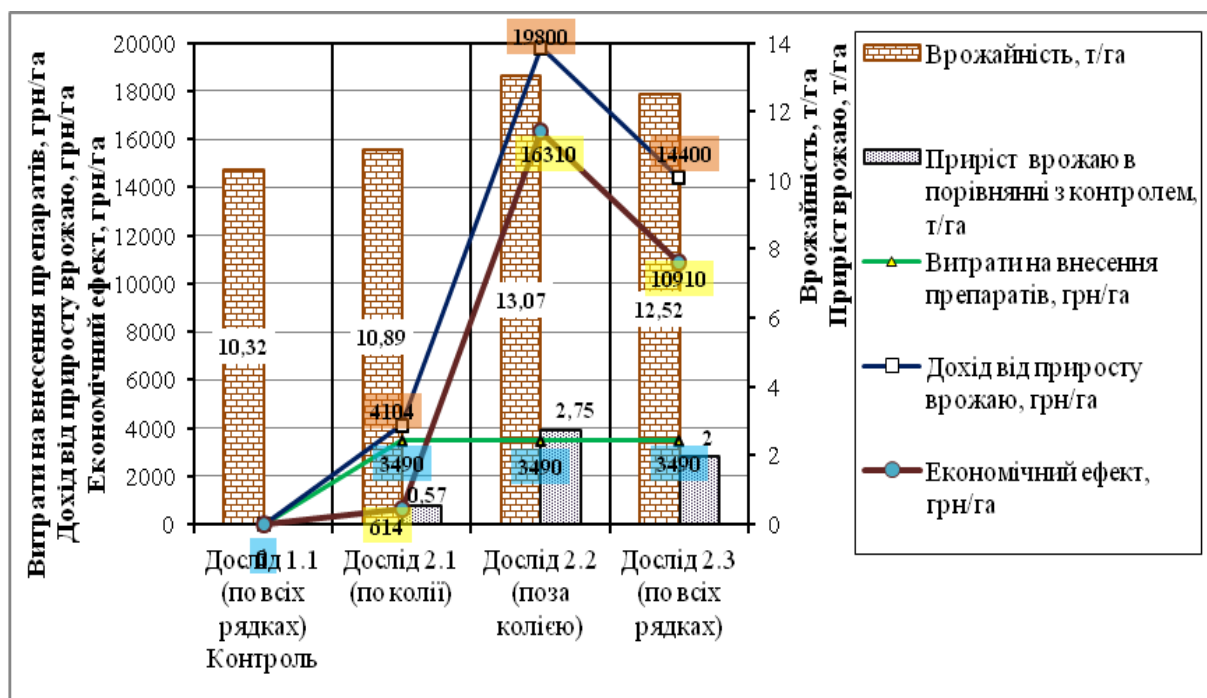


Рисунок 1 - Показники економічної ефективності вирощування кукурудзи на зерно

Негативний вплив ущільнення на врожайність кукурудзи відзначено у працях багатьох вітчизняних і зарубіжних науковців. Наприклад, за дослідженнями [8], за збільшення щільності ґрунту до $1,45 \text{ г/см}^3$ середня маса качана зменшилась на 37,8 % і врожайність зменшилась на 18,8 %.

Дослідники Таврійського державного агротехнологічного університету [9] стверджують, що збільшення щільності ґрунту до $1,4 \text{ г/см}^3$ (за оптимальної - $1,2 \text{ г/см}^3$) може привести зменшення зернової продуктивності культури на 25 %.

Аналогічна думка висловлюється також і в працях [10-12].

Результати досліджень [13] вказують на те, що поживні комплекси здатні послабити стресовий вплив на рослини кукурудзи, що підвищило урожайність на 16 %, рівень прибутку збільшується на 10-14 %.

За дослідженнями науковців [14] встановлено, що хімічний захист рослин кукурудзи від хвороб і шкідників забезпечує формування зернової продуктивності кукурудзи $12,8 \text{ т/га}$ і приріст врожаю $1,5 \text{ т/га}$ відносно контролю.

Науковці [15, 16] відзначають позитивний вплив позакореневого підживлення і заходів із захисту рослин на врожайність кукурудзи.

Висновки. Завдяки збільшенню врожайності економічний ефект від позакореневого підживлення і системи захисту рослин від шкідників і хвороб (у середньому по всіх рядках) становив 10,91 тис. грн./га. У розрізі рядків по ширині захвату сівалки економічний ефект від внесення мікродобрих і заходів захисту рослин на рядках по слідах трактора набагато менший порівняно з неущільненими колесами посівного МТА рядками. Наприклад, на неущільнених рушіями трактора рядках ефект складає 19,8 тис. грн./га, а в рядках, розташованих по слідах трактора – лише 614 грн./га.

Отже, застосування технічних і технологічних рішень спрямованих на мінімізацію ущільнення ґрунту в зоні рядка рушіями посівного агрегата поліпшить екологічні показники технології та підвищити ефективність виробництва зерна кукурудзи завдяки зменшенню застосування хімічних препаратів і затрат на їх придбання і внесення.

Література

1. Murray W. et al. Reeves T. J., Thomas G. (2016). To Save and Multiply Practically: Maize, Rice, Wheat. Practical Guide to Sustainable Crop Production. Food and Agriculture Organization of United Nations, 124.
2. Олександренко В. П., Курской В. С., Соларьов О. О., Таценко О. В. (2020). Теоретичні підходи до дослідження ущільнення ґрунту. Механізація та автоматизація виробничих процесів. Вісник Сумського національного аграрного університету. Суми. Випуск 1 (39). – С. 43-48.
DOI: <https://doi.org/10.32845/msnau.2020.1.10>
3. Jourgholami, M., Khoramizadeh, A., and Zenner, E. K. (2016). Effects of soil compaction on seedling morphology, growth, and architecture of chestnut-leaved oak (*Quercus castaneifolia*). Forest-Biogeosciences and Forestry, 10(1), 145.
DOI: <https://doi.org/10.3832/for1724-009>.

4. Пащенко Ю. М., Борисов В. М., Шишкіна О. Ю. (2009) Адаптивні і ресурсозбережні технології вирощування гібридів кукурудзи : монографія. Дніпропетровськ : АРТ-ПРЕС. – 224 с.
5. Марков І. (2016). Хвороби кукурудзи: реальність і перспективи на 2016 рік. Пропозиція, 2, 15-18
6. Mueller D. S., Wise K. A., Sisson A. J., Allen T. W., Bergstrom G. C., Bosley D. B., ...Warner F. (2016). Corn yield loss estimates due to diseases in the United States and Ontario, Canada from 2012 to 2015. PlantHealth Prog. 17. DOI: 10.1094/PHP-RS-16-0030
7. Доспехов Б. А. (1985). Методика полевого опыта. Москва.: “Агропромиздат” .
8. Obafemi O. O., Mouiz A. Y. (2019). Effect of Soil Compaction on the Growth and Nutrient Uptake of Zea Mays L Sustainable Agriculture Research, 08(2), 46-54. DOI: [10.22004/ag.econ.301881](https://doi.org/10.22004/ag.econ.301881)
9. Карташов, С. Г., Городецький, Е. Ю., Дудка, В. С., Москалюк, А. А. (2012). Вплив оптимальної щільності ґрунту для різних сільськогосподарських культур на врожайність. Таврійський науковий вісник. Випуск 78. – С. 21-26.
10. Павлов Г. О., Кулагін Д. О. (2019). Дослідження впливу ходових частин сільськогосподарської техніки на густину ґрунту. Вчені записки Таврійського національного університету. 30 (69). – С. 105-110.
11. Климчук О. В., Скорук О. П. (2011). Перспективні напрямки вирощування кукурудзи для використання на енергетичні потреби. Збірник наукових праць ВНАУ. Серія: Економічні науки. Випуск 1 (48). – С. 67-73
12. Gregorich, E. G., Lapen, D. R., Ma, B. L., McLaughlin, N. B., & VandenBygaart, A. J. (2011). Soil and crop response to varying levels of compaction, nitrogen fertilization, and clay content. Soil Science Society of America Journal, 75(4), 1483–1492. DOI: <https://doi.org/10.2136/sssaj2010.0395>
13. Вплив мікродобрив та стимуляторів на урожайність кукурудзи (б.р.). Відновлено з <https://posivna.com.ua/ua/doslidi-agronoma/vpliv-mikrodobriv-ta-stimulyatoriv-na-urozhajnist-kukurudzi>

14. Василенко Р. М., Заєць С. О. (2017). Продуктивність кукурудзи залежно від строків сівби та захисту від хвороб та шкідників. Зрошуване землеробство. – С. 67, 69-72.

15. Хоменко Д. Г. (2020) Оптимізація агротехніки вирощування кукурудзи за рахунок застосування мікродобрив в умовах Державної установи Інституту зернових культур НААН України. Відновлено з <https://dspace.dsau.dp.ua/bitstream/123456789/4192/1/Хоменко>

16. Ямковий В., Вокальчук Б. (2016). Ефективність мікродобрив “Уаросток” за вирощування кукурудзи. Відновлено з <https://agroexpert.ua/efektivnist-mikrodobriv-uarostokr-za-virosuvanna-kukurudzi/#>

ВЕТЕРИНАРНО-САНІТАРНІ ПРАВИЛА ФУНКЦІЮВАННЯ МАЛОЇ СВИНОФЕРМИ

Халін С., канд. екон. наук,

Пшеняк П.,

Смоляр В., канд. с.-г. наук, ст. наук. співроб., smolyarvi@ukr.net,

Бабинець Т., канд. екон. наук, ст. наук. співроб., babinec.t@ukr.net,

УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого

Вступ. Свинина – один із найбільш вживаних видів м'яса у світі. Відповідно до даних «OECD-FAO Agricultural Outlook» світове виробництво свинини у 2020 році становило 106,52 млн тонн. Через свої корисні ознаки свинарство посіло одну із ключових ролей в тваринництві України. Сьогодення для свинарства не є таким безхмарним. Зменшення поголів'я свиней в Україні із 19426,2 тис. голів у 1991 р. до 6025,3 тис. голів у 2019 р. спричинило суттєве зменшення виробництва свинини. Зараз у процесі розвитку тваринництва завданням для України є, насамперед, збереження повноцінного функціонування галузі свинарства. Вагому частку у формуванні продовольчої безпеки населення України займає свинарство, попит на його продукцію у споживанні м'яса становить 35 %. Нарощування обсягів виробництва продукції в галузі свинарства досягається, з-поміж іншого, розширенням використання малих свиноферм.

Отже, під час розвитку галузі свинарства особливого значення набуває розроблення ветеринарно-санітарних правил функціонування малих свиноферм.

Мета роботи. Підвищення ефективності виробництва свинини в умовах малих свиноферм методом розроблення адаптованих до сучасних вимог ветеринарно-санітарних правил.

Матеріали і методи.

Ветеринарно-санітарні правила функціонування малої свиноферми сформовані за даними, доступних для нас сучасних нормативних документів, ексклюзивних джерел інформації тощо. Ветеринарно-санітарні правила функціонування малої свиноферми підготовлені за такою структурою: загальні

положення, безпека свиноферм, загальні принципи профілактики хвороб, заходи з підвищення резистентності організму свиней, правила охорони здоров'я свиней, безпека праці під час обслуговування свиней, охорона довкілля від забруднень відходами свиноферм.

Результати та обговорення.

Під час формування ветеринарно-санітарних правил були враховані вимоги таких нормативно-правових та нормативних документів: Закон України «Про ветеринарну медицину» [1], Інструкція щодо утримання свиней для недопущення поширення інфекційних хвороб [2], сучасні зарубіжні вимоги, зокрема європейські з цієї проблематики [3 – 8].

Загальні положення.

Безпека свиноферм, біологічний захист свиней та охорона довкілля передбачені в заходах державної регуляторної політики України. Основними напрямками державної політики у сфері біологічного захисту свиней є: розроблення, затвердження та застосування ветеринарно-санітарних заходів; усунення або зменшення ризиків поширення інфекційних хвороб; охорона території України від проникнення хвороб тварин з карантинних зон або територій інших держав; захист тварин профілактичними, діагностичними і лікувальними заходами; розроблення та упровадження ефективних заходів щодо виявлення, локалізації, контролю і ліквідації ендемічних хвороб тварин; проведення моніторингу кормів та води для забезпечення їхньої придатності для споживання тваринами та запобігання перенесенню через них хвороб тварин; забезпечення правильного, ефективного та безпечного застосування ветеринарних препаратів.

Безпека свиноферм.

Безпека свиноферм – це комплекс практичних заходів, спрямованих на запобігання проникненню інфекції на ферму та контроль поширення інфекції всередині цієї ферми. Безпека свиноферм передбачає такі напрямки: біологічна ізоляція, біологічне регулювання, біологічний захист.

Метою біологічної ізоляції є запобігання потрапляння і розповсюдження збудників хвороб на свиноферми.

Біологічне регулювання – це зусилля боротьби з інфекційними захворюваннями, а саме дезінфекція приміщень свиноферм, вакцинація поголів'я, заходи з підвищення імунітету у свиней тощо.

Дезінфекція – це комплекс заходів, спрямованих на знешкодження у зовнішньому середовищі патогенних та умовно патогенних мікроорганізмів, запобігання захворюванням людей і тварин.

Дезінсекція – комплекс заходів боротьби з комахами.

Дератизація – комплекс заходів, спрямованих на знешкодження гризунів, що є епізоотично та епідеміологічно небезпечними і завдають значних економічних збитків.

Своєчасно необхідно проводити заходи з дезінфекції, дератизації та дезінсекції на свинофермах.

Ефект дезінфекції залежить від кількох факторів – якості прибирання, кількості робочого розчину. На 1 м² площі, який підлягає дезінфекції, необхідно нанести 0,4 л готового розчину температурою не менше 15 °С. Як дезінфікувальні засоби використовують мурашину кислоту, гашене вапно тощо. Важливо, не допускати перебування на свинофермах собак, котів, птахів.

Біологічний захист свиней спрямований на покращення здоров'я тварин та продуктивних властивостей свинопоголів'я. Під час виробництва свинини важливо забезпечити біологічний захист тварин для зменшення ризику поширення хвороб на свинофермах, зокрема карантинні заходи. Відомо, що протяги повітря в свинарниках негативно впливають на фізіологічний стан свинопоголів'я. Важливо мінімізувати протяги повітря на свинофермах.

Актуальними вважаються зооветеринарні заходи, пов'язані з обслуговуванням поголів'я свиней. Наприклад, використання станка ветеринарного для свиней.

Розташування свиноферм, відстань до інших тваринницьких об'єктів – один з основних факторів, які впливають на рівень зараження стада. Свиноферми

повинні розташовуватись якнайдалі від інших свиноферм. Тип місцевості в ідеалі – поверхня землі має бути горбистою і захищеною від вітрів.

Важливе значення під час розташування свиноферм мають кліматичні умови: рівень відносної вологості повітря, пріоритетні напрямки вітру тощо. Аерозольне поширення патогенної мікрофлори відбувається на відстані 3000 м навколо свиноферм.

Інші можливі джерела зараження тварин на свинофермах: дороги, сміттєві звалища, бійні тощо. Наприклад, значним ризиком для біологічної безпеки свиноферм характеризуються сміттєві звалища, розміщені на відстані менше 1000 м.

Загальні принципи профілактики хвороб.

Профілактика – це комплекс заходів, спрямованих на запобігання поширенню хвороб серед сільськогосподарських тварин.

Благополуччя свиноферм залежить від використання повноцінних кормових раціонів, збалансованих за поживними речовинами і фізіологічно активними елементами. Якість кормів та їхнє використання для різних статевих та вікових груп – один з основних принципів у профілактиці шлунково-кишкових захворювань свиней, особливо поросят. Заміна одного рецепту комбікорму іншим, який застосовують для тієї ж групи тварин, є певним стрес-фактором. Кожна партія комбікорму, ще до використання на свинофермі, повинна пройти лабораторний аналіз з визначення наявності токсичних речовин, бактеріального обсіменіння. Категорично забороняється використовувати для годівлі свиней протруєне зерно.

Приміщення свиноферм після завершення технологічного циклу підлягають очищенню, витримуванню на санітарному розриві, тобто повинен дотримуватись ветеринарний принцип «все зайнято – все порожньо». Для проведення профілактичних санітарно-гігієнічних заходів на свинофермах потрібні сучасні високоефективні технічні засоби. Наприклад, потужне обладнання для очистки та дезінфекційної обробки поверхонь приміщень свиноферм.

Заходи з підвищення резистентності організму свиней.

Санітарно-гігієнічні заходи, основні з них: використання доброякісних, із санітарного погляду, кормів; біохімічний контроль крові за повноцінної годівлі тварин; забезпечення оптимального мікроклімату в свинарнику; експлуатація приміщень за принципом «все зайнято – все порожньо» з тривалістю санітарного розриву; рівень бактеріального обсіменіння повітря в секціях для опоросу свиноматок не більше 250 тис. КУО для утримання молодняка свиней після відлучення від свиноматки – до 300 тис. КУО

Технологічні заходи передбачають: моціон тварин; природну інсоляцію свиней на вигульних майданчиках; ультрафіолетове опромінення тварин; бракування свиней за живою масою і розвитком, ознаками захворювання кінцівок, органів дихання тощо; годівля поросят молозивом не пізніше 1-3 годин після народження; комплектування маточного стада молодняком, який не перехворів у підсосний період та з ознаками шлунково-кишкових і респіраторних захворювань; утримання ремонтного молодняка свиней, свиноматок і кнурів у літній період на відкритому повітрі.

Ветеринарні заходи – вітамінізація кнурів тривітом (тривітамін) через кожні 10 днів, свиноматок за 5 днів до осіменіння, на 30, 60, і 105-му дні поросності; внутрішньом'язово глюконат кальцію 10 мл на 105-110-му дні поросності і на другий день після опоросу свиноматок; внутрішньом'язово 5 мл 40 % розчину вітаміну С через день протягом п'яти днів кнурам – чотири рази, свиноматкам – не менше двох разів на рік (на 60-й день поросності); внутрішньом'язово ін'єкції екстракту елеутерококу дозою 1 мл протягом трьох-п'яти днів молодняку свиней після відлучення від свиноматки. Серед технічних засобів для зооветеринарного обслуговування свинопоголів'я ефективністю характеризуються станки для миття і дезінфекції поверхні тулуба маточного поголів'я свиней.

Правила охорони здоров'я свиней.

Забороняється несанкціонований вхід сторонніх осіб і заїзд стороннього транспорту на територію свиноферми (рис. 1). Важливо уникати проникнення та поширення збудників інфекції на тваринницькій фермі, влаштувати

дезінфекційний бар'єр тощо. Повинна бути передбачена подвійна огорожа свиноферми – зовнішня і внутрішня заввишки не менше 150 см. Відстань між зовнішнім і внутрішнім парканом – не менше 100 см.



Рисунок 1 – Табличка на вході до свиноферми

На фермі повинно бути передбачене приміщення для ізоляції хворих тварин від поголів'я основного стада. Налагоджений облік падежу свиней, зокрема мертвонароджених поросят на фермі. Свиноферми повинні бути оснащені закритими контейнерами для тимчасового зберігання тварин, які загинули.

Під час придбання поголів'я для свиноферми тварини повинні бути відомого походження, з підтвердженням станом здоров'я. Сперму для штучного осіменіння свиноматок отримують лише на відповідних племінних станціях. Необхідно дотримуватись карантинних заходів під час транспортування тварин і розміщення їх на свинофермах. Суха, не слизька підлога, гігієнічна підстилка, достатньо тепла, вентилязоване повітря, без протягів – це лише не повний перелік сприятливих умов для утримання свиней.

У процесі обслуговування маточного поголів'я свиней потрібно передбачити миття їхнього тулуба. Не допускається зберігання кормів для тварин на відкритому повітрі. Гігієна кормів і води відіграють важливу роль в процесі виробництва якісної продукції свинарства. Автономна система видалення гною з приміщення ферми сприяє створенню належних санітарних та гігієнічних умов утримання свинопоголів'я.

З погляду ветеринарії, складовими ефективного свинарства є, серед іншого, базова імунізація поголів'я для досягнення стійкого імунітету тварин, вакцинація та інші профілактичні заходи.

Складовими ефективного біологічного захисту тварин є роздягальня для персоналу, умивальники, душ, захисний або одноразовий спецодяг, взуття, рукавички тощо.

Безпека праці під час обслуговування свиней.

Для обслуговування тварин за кожною технологічною групою закріплюють осіб на постійній основі, які мають навик з догляду за свинопоголів'ям і пройшли інструктаж із безпеки праці. Персонал свиноферм повинен проходити регулярне медичне обстеження. Для запобігання професійним захворюванням працівникам свиноферм необхідно постійно стежити за ветеринарно-санітарним станом виробничих споруд, побутових приміщень та навколишньої території. Для профілактики травматизму і підвищення рівня праці персоналу вагоме значення має правильне нормування освітлення робочих місць. Персоналу свиноферм під час обслуговування дорослих свиней слід бути уважними та обережними. Потрібно враховувати, що свиноматки в період поросності, перед і після опоросу, дуже збуджені і відрізняються агресивною поведінкою. Під час доглядання кнурів-плідників персоналу не слід гучно розмовляти і бити тварин.

Охорона довкілля від забруднень відходами свиноферм.

На свинофермах джерелом забруднення довкілля (повітря, ґрунт, вода) є викиди шкідливих газів, гній, стічні води, мікрофлора, пил, специфічний запах. У довкілля із свиноферм постійно виходить певна кількість шкідливих газів, пилу, мікроорганізмів. Під час функціонування свиноферм, поряд з позитивним впливом, пов'язаним із використанням органічних добрив у землеробстві, спостерігається і певний негатив, а саме наявність у гнойовій масі значної кількості металів (цинк, мідь, марганець, які входять до складу комбінованих кормів для годівлі свиней), які, потрапляючи в ґрунт, спричиняють його забруднення.

Для охорони довкілля від забруднень відходами свиноферм доцільно здійснювати відповідні заходи. Будуючи свиноферму, слід дотримуватись санітарних розривів: до населених пунктів не менше 1500 м, до інших тваринницьких об'єктів – 1000-1500 м. Розміщувати приміщення свиноферм доцільно торцем у бік до напрямку панівних вітрів.

Важливо сформувати зелений пояс навколо ферми: смугу дерев і кущів – це найприродніший з усіх захисних заходів, заснованих на фундаментальних принципах органічного виробництва продукції.

Висновки. Вперше розроблені в Україні «Ветеринарно-санітарні правила функціонування малої свиноферми» складаються з таких розділів: загальні положення, безпека свиноферм, загальні принципи профілактики хвороб, заходи з підвищення резистентності організму свиней, правила охорони здоров'я свиней, безпека праці під час обслуговування свиней, охорона довкілля від забруднень відходами свиноферм.

Література

1. Закон України «Про ветеринарну медицину» (2021). 4 лютого 2021 р. № 1206-IX.
2. Інструкція щодо утримання свиней з метою недопущення поширення інфекційних хвороб (2017). Наказ Міністерства аграрної політики та продовольства України від 2.03.2017 р.
3. Donald G. Levis, Rodney "Butch" Baker (2011). Biosecurity of Pigs and Farm Security. USA. University Nebraska – Lincoln, 32.
4. Code of Practice for the Welfare of Pigs (2020). National Pig Association. Department for Environment Food. Rural Affairs. England, 59.
5. Collection of all published Danmap reports (2018). Denmark.
6. Tackling antimicrobial use and resistance in pig production lessons learned in Denmark (2019). Published by the Food and Agriculture Organization of the United Nations and the Ministry of Environment and Food of Denmark. Rome, 56.
7. Fucik Stefan (2017). Biosicherheit. Ländliches Fortbildungsinstitut Österreich. Wien, 32.
8. Fütterung und Tierwohl beim Schwein (2021). DLG e.V. Fachzentrum Landwirtschaft. Deutschland. Frankfurt am Main, 24.

**СЕКЦІЯ III.
ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА
АЛЬТЕРНАТИВНА ЕНЕРГЕТИКА**

УДК 620.92

**ПЕРСПЕКТИВИ ВИРОБНИЦТВА РІДКИХ БІОПАЛИВ З
АГРОБІОМАСИ ДЛЯ АВІАЦІЇ ТА ВОДНОГО ТРАНСПОРТУ УКРАЇНИ**

Желєзна Т., канд. техн. наук, ст. наук. співроб., zhelyezna@uabio.org,

Драгнєв С., канд. техн. наук, доц., ст. наук. співроб., dragnev@uabio.org,

Інститут технічної теплофізики НАН України

Вступ. Скорочення викидів парникових газів (ПГ) для пом'якшення наслідків зміни клімату є одним з глобальних викликів сьогодення. Сектор транспорту є відповідальним за 20 % антропогенних викидів CO₂ у світі. Водночас, порівняно з іншими секторами світової економіки, транспорт важко піддається декарбонізації і особливо це стосується сегментів авіаційного та водного транспорту, де, на відміну від дорожнього транспорту, є доволі обмежені можливості із запровадження електрифікації. Внесок авіації до глобальних антропогенних викидів CO₂ складає сьогодні до 2,5 % (~1 млрд т/рік), але з подальшим розвитком сектора він може зрости до 22 % у 2050 р. у разі неприйняття відповідних заходів. Важливо, що близько 80 % «авіаційних» викидів CO₂ припадає на перельоти понад 1500 км, для яких практично не існує альтернативних засобів пересування або перевезення [1]. На судноплавство зараз припадає близько 3 % глобальних антропогенних викидів ПГ. Крім того, щорічно цим сектором викидається 15 % глобальної емісії SO_x та 13 % NO_x. Прогнозується, що без запровадження рішучих дій викиди ПГ від судноплавства продовжать зростати і до 2050 р. досягнуть 90-130 % рівня викидів 2008 р. [2]. Ефективним заходом скорочення емісії ПГ і загального підвищення екологічності авіації та водного транспорту є перехід на використання рідкого біопалива, зокрема II покоління. Сировинною базою для виробництва такого біопалива в

Україні може бути агробіомаса – сільськогосподарські залишки та енергетичні культури. Це дослідження проведено в рамках виконання проекту ПРООН EU4Climate.

Мета роботи – визначення видів біопалива для авіації та водного транспорту, які є найбільш перспективними для умов України.

Матеріали і методи. Методи дослідження включають вивчення статистичних та інших літературних даних, порівняльний аналіз наявних технологій виробництва біопалива, проведення розрахунків.

Результати та обговорення. Стійке авіаційне паливо (SAF – САП) – основний термін, який використовується для опису відновлюваного (тобто невикопного) авіаційного палива. Зараз не існує загальноприйнятого визначення цього терміну, але, наприклад, в ЄС під САП розуміють такий вид палива, готовий для змішування з традиційним реактивним паливом (РП), який відповідає критеріям сталості та вимогам скорочення викидів ПГ згідно з Директивою ЄС RED II [3, 4]: синтетичне авіапаливо, отримане за технологією перетворення електроенергії у рідину (PtL); біопаливо II покоління, отримане з лігноцелюлозної сировини та певних видів відходів згідно з переліком у частині А Додатка IX Директиви ЄС RED II; біопаливо III покоління, отримане з водоростей; біопаливо, вироблене із сировини з «високим потенціалом сталості» – використаної харчової олії та певних видів тваринних жирів згідно з переліком у частині В Додатка IX Директиви ЄС RED II.

Основними технологіями виробництва САП з біомаси є гідроочищення етерів та жирних кислот (олеохімічна конверсія); газифікація лігноцелюлози із синтезом Фішера-Тропша (термохімічна конверсія); біохімічна конверсія спиртів; пряме перетворення цукрів у вуглеводні (біохімічна конверсія) та гідроочищення деполімеризованої целюлози (термохімічна конверсія). Станом на листопад 2021 р., Міжнародним стандартом ASTM D7566 вже сертифіковано 9 видів САП із визначеною максимальною часткою, яка дозволяється під час їхнього змішування з традиційним (РП) (табл. 1); ще три види палива розглядаються.

Таблиця 1 – Сертифіковані технології виробництва САП (біопалива) [5]

Вид сталого авіаційного палива / рік сертифікації	Макс. частка у суміші з РП	Типова сировина
Синтетичний парафіновий керосин (СПК), отриманий за технологією газифікації з синтезом Фішера-Тропша (FT-SPK) / 2009 р.	50%	Лігноцелюлозні рослини, відходи та залишки
СПК, отриманий з гідроочищених етерів та жирних кислот (HEFA-SPK) / 2011 р.	50%	Рослинна олія, жирові та олійні відходи
Синтетичні ізопарафіни, отримані з гідроочищених ферментованих цукрів (HFS-SIP) / 2014 р.	10%	Цукровмісні рослини
СПК з ароматичними складовими, отриманий за технологією газифікації з синтезом Фішера-Тропша (FT-SPK/A) / 2015 р.	50%	Лігноцелюлозні рослини, відходи та залишки
СПК, отриманий за технологією конверсії спиртів (наразі тільки ізобутанолу та етанолу) (ATJ-SPK) / 2016 р.	50%	Цукро-/крохмале-вмісні рослини; лігноцелюлозні рослини, відходи та залишки
Паливо, отримане сумісною гідрообробкою етерів та жирних кислот у традиційній переробці нафти* / 2018 р.	---	Рослинна олія, жирові та олійні відходи
Синтетичний керосин, отриманий каталітичним гідротермолізом (CH-SK або CHJ) / 2020 р.	50%	Рослинна олія, жирові та олійні відходи
СПК, отриманий з гідроочищених етерів та жирних кислот із попередньою обробкою вуглеводневої сировини (HC-HEFA-SPK) / 2020 р.	10%	Мікроводорості
Паливо, отримане сумісною гідрообробкою вуглеводнів Фішера-Тропша у традиційній переробці нафти* / 2020 р.	---	Лігноцелюлозні рослини, відходи та залишки

* За обсягу етерів, жирних кислот та вуглеводнів Фішера-Тропша <5% (об'ємних), використаних у традиційній переробці нафти, отримане авіапаливо може відповідати якості традиційного РП згідно зі стандартом ASTM D1655.

Визначаючи рейтинг авіаційного біопалива враховано такі аспекти: рівень розвитку технології та її складність; сертифікація технології за стандартом ASTM D7566; допустимий відсоток змішування з нафтовим РП; вартість виробництва; досяжне скорочення викидів парникових газів протягом життєвого циклу; наявність/доступність сировинної бази; вихід реактивного біопалива порівняно з обсягом інших супутніх продуктів; необхідність зміни паливної системи літака та інфраструктури аеропорту. Отже, за результатами порівняльного аналізу та

оцінки найбільш перспективними для України вбачаються такі САП (біопалива): синтетичний парафіновий керосин (СПК), отриманий з гідроочищених естерів та жирних кислот (HEFA-СПК); СПК, отриманий за технологією конверсії спиртів (етанолу) (ATJ-СПК); СПК, отриманий за технологією газифікації з наступним синтезом Фішера-Тропша (FT-СПК).

Біопаливо для потреб водного транспорту отримують з первинної біомаси або залишків біомаси, які перетворюють на рідке або газоподібне паливо. Існує велика різноманітність процесів для виробництва традиційного (I покоління) і вдосконаленого (II і III покоління) біопалива, включає різні види сировини (олії, цукро-/крохмалевмісна біомаса, лігноцелюлозна біомаса, деревна маса, водорості та ін.) та різні технології конверсії (естерифікація, гідрообробка, ферментація, сольволіз, термохімічні і каталітичні перетворення) [6].

З олійної сировини виробляють три основних види біопалива: пряма / чиста, тобто необроблена рослинна олія (SVO), біодизель (FAME) та відновлюване дизельне паливо (HVO), які використовуються як заміник дизельного палива або як компонент сумішевого палива. Технології виробництва SVO, FAME та HVO відпрацьовані та комерційно доступні. Дослідження показали, що SVO може бути застосована для заміни мазуту в двигунах з низькою частотою обертання.

Ширше застосовується переробка олій у процесі естерифікації у метилові етери жирних кислот (FAME або біодизель). Окрім SVO, FAME також можна виробляти з використаної харчової олії та тваринних жирів. FAME більше підходить для використання в суднових двигунах і може використовуватися для заміни судового дизельного палива (MDO) або морського газойлю (MGO). Теоретично можливо використовувати судові дизельні двигуни на 100 % біодизельному паливі, але це вимагає певних налаштувань двигуна та його сертифікації, тому частіше FAME використовується у сумішевих паливах [7]. Хоча біодизель являє технічно можливу заміну для MDO та MGO, доступність олійної сировини та питання її сталості створюють труднощі для забезпечення потреб водного транспорту у такому паливі.

Модернізація суднових двигунів для споживання нових видів палива потребує значних ресурсів та коштів. Для сумісності з наявною нафтовою інфраструктурою тваринні жири і рослинні олії повинні пройти етап гідрообробки для перетворення в безкисневе вуглеводневе біопаливо. Такою альтернативою дизельному паливу, виготовленому з олійних культур, є гідроочищена рослинна олія (HVO або відновлюване дизельне паливо), в якій рослинні олії або тваринні жири проходять термохімічну обробку воднем. HVO можна використовувати як безпосередню заміну дизельному паливу, оскільки воно є більш стабільним ніж FAME завдяки низькому вмісту кисню. Для виробництва HVO можна використовувати технологію гідроочищення наявних нафтопереробних заводів. HVO пройшло випробування на суднових дизельних двигунах, воно сумісне з наявною паливною інфраструктурою.

Перспективним для водного транспорту є комерційне біопаливо «біомаса в рідину» (BtL), також відоме під назвою синтетичне паливо Фішера-Тропша, яке виробляють газифікацією лігноцелюлозної біомаси, зокрема деревних відходів та сільськогосподарських залишків.

Біогаз, отриманий анаеробним бродінням, потенційно є сировиною для виробництва зрідженого біометану. Єдиною технічною вимогою для цього є збагачення біогазу до біометану, зокрема видаленням CO₂. Цей процес комерційно використовується у біометанових установках, які під'єднані до газових мереж. Зрідження біометану відбувається за технологією зрідження природного газу.

Отже, найбільш перспективними біопаливами для суден є дизельне біопаливо (наприклад, гідроочищена рослинна олія, метилові етери жирних кислот, паливо «біомаса в рідину») та зріджений біометан. Біодизель, HVO і паливо «біомаса в рідину» найбільш підходять для заміни MDO/MGO, зріджений біогаз – для заміни скрапленого природного газу, безпосередньо рослинна олія – для заміни мазуту.

Висновки. Використання альтернативних видів палива у секторах авіації та водного транспорту є перспективним напрямком загальної декарбонізації та

підвищення екологічності транспортного сектора України. За результатами порівняльного аналізу та оцінки, найбільш перспективними для України попередньо визначено три види біопалива – СПК (синтетичного парафінового керосину), отриманого за технологіями гідроочищення етерів та жирних кислот, отриманого біохімічною конверсією спиртів та газифікацією лігноцелюлозної біомаси з наступним синтезом Фішера-Тропша. Для виробництва кожного виду біопалива в Україні є необхідна сировинна база, зокрема, солома злакових культур та ріпака, побічні продукти / відходи виробництва кукурудзи на зерно та соняшнику, олійні, деревоподібні та трав'янисті енергетичні культури, меляса цукрового буряку. Для прийняття остаточного рішення щодо запровадження виробництва певного виду САП необхідне виконання повноцінного ТЕО та оцінювання життєвого циклу для різних видів сировини в умовах України.

З точки зору можливостей та бар'єрів для застосування альтернативних видів палива на водному транспорті, треба виділити перевезення водним транспортом на короткі відстані та глибоководні. Глибоководні великі і потужні судна мають менше можливостей для вибору палива порівняно із сегментом перевезень на короткі відстані за постійними маршрутами, де можуть застосовуватися й малопоширені технології та види палива, виготовлені з місцевої сировини, зокрема біомаси. За результатами порівняльного аналізу та оцінки найбільш перспективними для України вбачаються такі види біопалива для водного транспорту: біометан, біодизель (FAME) та гідроочищена рослинна олія (HVO).

Література

1. Doliente S. S., Narayan A., Tapia J. F. D. et al. Bio-aviation Fuel: A Comprehensive Review and Analysis of the Supply Chain Components // Front. Energy Res., 10, July 2020. URL: <https://doi.org/10.3389/fenrg.2020.0011> (дата звернення 09.09.2022).
2. Summary for Policymakers and Industry: Charting a Course for Decarbonizing Maritime Transport. World Bank, 2021.

URL: <https://www.u-mas.co.uk/wp-content/uploads/2021/04/Summary-for-policy-makers.pdf> (дата звернення 09.09.2022).

3. ReFuelEU Aviation initiative. Sustainable aviation fuels and the fit for 55 package. European Parliament, 2022.

URL: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2022/698900/EPRS_BRI\(2022\)698900_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2022/698900/EPRS_BRI(2022)698900_EN.pdf) (дата звернення 09.09.2022).

4. DIRECTIVE (EU) 2018/2001 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2018 on the promotion of the use of energy from renewable sources (recast).

URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L2001&from=EN> (дата звернення 09.09.2022).

5. Nikita Pavlenko, Stephanie Searle. Fueling flight: Assessing the sustainability implications of alternative aviation fuels. Working paper 2021-11, March 2021.

URL: <https://theicct.org/sites/default/files/publications/Alternative-aviation-fuel-sustainability-mar2021.pdf> (дата звернення 09.09.2022).

6. Biofuels for the marine shipping sector. IEA Bioenergy: Task 39, 2017.

URL: <https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2018/02/Marine-biofuel-report-final-Oct-2017.pdf> (дата звернення 10.09.2022).

7. Progress towards biofuels for marine shipping. Status and identification of barriers for utilization of advanced biofuels in the marine sector. IEA Bioenergy: Task 39, 2021.

URL: https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2021/11/Progress-towards-biofuels-for-marine-shippingT39-report_June-2021_Final.pdf (дата звернення 10.09.2022).

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

Науково-технічні засади розроблення, випробування та прогнозування сільськогосподарської техніки і технологій

Матеріали XXII Міжнародної наукової конференції

Відповідальний за випуск – Т. Бабинець
Коректор – О. Пономаренко
Комп'ютерна верстка – В. Сосновська
Дизайн – О. Литовченко

Державна наукова установа «Український науково-дослідний інститут
прогнозування та випробування техніки і технологій для сільськогосподарського
виробництва імені Леоніда Погорілого»
(УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого)

Підписано до друку 15.09.2022.
Формат 60х84/8. Папір офсетний. Друк цифровий.
Умов. друк. арк. 16,2 .
Наклад 100 прим.

Виготовлювач УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого.
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до державного реєстру
видавців, виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції
серія ДК № 4415 від 01.10.2012 р.
08654, Київська обл., Білоцерківський р-н, смт Дослідницьке,
вул. Інженерна, 5