

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний технічний університет
сільського господарства імені Петра Василенка

Аль-Фтіххат Муосаб Абдалвахід Мохаммед

УДК 631.33: 631.34

**ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ
І КОМБІНОВАНОГО РОБОЧОГО ОРГАНУ ДЛЯ ПІСЛЯПОСІВНОГО
СТРІЧКОВОГО ВНУТРІШНЬОГРУНТОВОГО
ВНЕСЕННЯ ГЕРБІЦИДІВ**

05.05.11 — машини і засоби
механізації сільськогосподарського виробництва

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2015

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Харківському національному технічному університеті сільського господарства імені Петра Василенка Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник:

доктор технічних наук, старший науковий співробітник **Мельник Віктор Іванович**, Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка, професор кафедри оптимізації технологічних систем ім. Т.П.Євсюкова.

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор **Свірень Микола Олександрович**, Кіровоградський національний технічний університет, завідувач кафедри сільськогосподарського машинобудування;

кандидат технічних наук, доцент **Гусаренко Микола Петрович**, Харківський національний аграрний університет ім. В.В. Докучаєва, доцент кафедри механізації і електрифікації сільського господарства.

Захист відбудеться «30» жовтня 2015 р. о 10 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.832.01 в Харківському національному технічному університеті сільського господарства імені Петра Василенка за адресою: 61002, м. Харків, вул. Артема, 44.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка за адресою: 61002, м. Харків, вул. Артема, 44.

Автореферат розісланий «28» вересня 2015р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

О.Д.Черенков

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Машини і технології в аграрному секторі світової економіки, перманентно вдосконалюються. Продуктивність і якість продукції збільшується, а продовольча проблема, тим не менш, не вирішується. За даними ФАО, повноцінне харчування отримують близько 40% жителів планети.

Хімізація рослинництва — це один з найважливіших інструментів інтенсифікації, але не безпроблемний. У структурі собівартості агропродукції витрати на хімічні технології займають другу позицію після витрат на механізацію. До того ж хімічні технології не безпечні для навколишнього середовища і людини. Стрічкове внесення гербіцидів (СВГ) є більш безпечним і ефективним. До того ж СВГ добре узгоджується з майбутнім широким впровадженням систем смугової обробки ґрунту Strip-Till. Внутрішньогрунтове внесення гербіцидів (ВВГ) є ще більш ефективним, екологічним та ергономічним.

Таким чином, розробка екологічно щадних технологій та технічних засобів (ТЗ) для стрічкового ВВГ, одночасно з посівом просапних культур, є актуальною науково-практичною задачею розвитку рослинницької галузі в Україні.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконана відповідно до вимог законів України «Про продовольчу безпеку України» № 4344-VI від 07.02.2012 р. і «Про стимулювання розвитку вітчизняного машинобудування для агропромислового комплексу» № 5478-VI від 06.11.2012 р., а також узгоджена з такими загальними державними науковими програмами: Постанова Президії НАН України № 55 від 05.12.2009 р. «Основні наукові напрямки, найважливіші проблеми фундаментальних досліджень у галузі природних, технічних і гуманітарних наук на 2009 - 2013 роки»; Постанова Кабінету Міністрів України № 942 від 07.09.2011 р. «Про затвердження переліку пріоритетних тематичних напрямків в наукових дослідженнях і науково-технічних розробок до 2015 року»; програмою НААН України «Пріоритетні завдання аграрної науки України» (період 2008 - 2015 рр., п. 6.3.3 Розроблення та вдосконалення екологічно безпечних способів і технічних засобів для хімічного захисту рослин, що передбачають економію технологічних матеріалів і високу адаптацію до зміни метеорологічних умов); програмою НААН України «Стратегічні напрями розвитку сільського господарства України на період до 2020 року». Дисертаційна робота є частиною науково-дослідної держбюджетної теми «Розробка ресурсозберігаючих технологій для міжрядної обробки просапних культур» (ДР № 015U00493741), яка виконувалась на замовлення Міністерства аграрної політики та продовольства України.

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є підвищення ефективності екологічно щадних технологічних прийомів застосування гербіцидів шляхом комбінування операцій при вирощуванні просапних культур.

Досягнення означеної мети передбачає вирішення таких завдань:

— провести аналіз та систематизувати відомі інженерно-технологічні розробки та теоретичні дослідження локальних методів внесення гербіцидів і посівних машин, обґрунтувавши можливість, необхідність і ефективність комбінуван-

ня операцій посіву просапних культур з післяпосівним внутрішньогрунтовым стрічковим внесенням гербіцидів (ПВСВГ), а також довівши перспективність таких прийомів з позиції еволюції землеробства в цілому;

— встановити техніко-технологічні суперечності, які проявляються при одночасному виконанні операцій висіву насіння просапних культур і ПВСВГ шляхом використання комбінованих посівних секцій або сошників, і розробити теоретичне обґрунтування методів їх вирішення;

— розробити ймовірнісну імітаційну тривимірну математичну модель посіву (ММП) просапних культур, яка б дозволила отримувати координати множини висіяного і того, що дало сходи насіння, і яка була б придатна для вивчення можливості й ступеня впливу наступної операції ПВСВГ на розподіл уже висіяного насіння просапних культур;

— розробити прийоми застосування методу парціальних прискорень для вивчення впливу конструктивних змін комбінованого сошника на його динаміку, і, зокрема, отримати теоретичні шляхи вирішення завдання відновлення лінії рядка посіву (траєкторії сошника) за вимірюваннями тривимірних складових його кутових швидкостей і прискорень;

— провести наукове та інженерно-технологічне обґрунтування конструкції комбінованого сошника, здатного одночасно виконувати висів просапних культур і ПВСВГ;

— експериментально довести господарську ефективність розробленої технології та ТЗ, що реалізують одночасне виконання висіву насіння просапних культур і ПВСВГ, показавши при цьому, що проведена зміна конструкції сошника не призводить до погіршення розподілу насіння вздовж лінії рядка, по ширині стрічки розсівання і по глибині.

Об'єкт дослідження є технологічний процес (ТП) ПВСВГ одночасно з висівом насіння просапних культур і, зокрема, динаміка взаємодії комбінованого сошника з ґрунтом та ймовірний перерозподіл раніше висіяного насіння.

Предметом досліджень є обґрунтування параметрів процесу та комбінованого робочого органу (РО) для ПВСВГ при посіві просапних культур.

Методи дослідження: теоретичний опис коливальних процесів, що супроводжують робочий рух комбінованого сошника шляхом подання його траєкторії у вигляді кінцевих і / або нескінченних тригонометричних рядів Фур'є; ймовірнісне моделювання посіву методом Монте-Карло; фізичне моделювання посіву; статистичні та експериментальні польові методи.

Наукова новизна одержаних результатів:

— для прийняття рішень стосовно обґрунтування параметрів ТП ПВСВГ разом з посівом вперше розроблена тривимірною імітаційною ймовірнісною ММП посіву просапних культур, згідно якій лінії рядка посівів представлені як скінченні тригонометричні ряди і яка враховує ймовірнісні процеси пропусків, висіву двійників, схожості насіння, а також їх просторові девіації [1-3, 10, 11];

— вперше розроблені методи моделювання кореляційних зв'язків між глибиною загортання насіння просапних культур комбінованим сошником і положенням їх по ширині стрічки розсівання [1, 2, 3];

— у розвиток теоретичних методів прогнозування врожаю обґрунтовані математичні методи імовірнісного моделювання взаємозв'язку між випадковим характером розподілу насіння по глибині і їх кінцевою врожайністю [3];

— теоретичними дослідженнями вперше встановлено, що стабільність ходу комбінованого сошника ефективно оцінювати застосувавши метод парціальних прискорень і подальше відновлення лінії рядка диференціальним або інтегральним методом [4, 8, 13];

— вперше показано, що для відновлення лінії рядка шляхом застосування методу послідовного наближення (ПН) ефективно використовувати координати розташування насіння, яке дало сходи [8].

Практична значимість отриманих результатів.

Запропонована і обґрунтована нова конструкція комбінованого сошника для посіву просапних культур з одночасним ПВСВГ. Її особливістю є конструктивне виконання у вигляді окремого стрілкового подовжувача полозу сошника (СППС). Його застосування не передбачає переробок серійних посівних секцій. Використання розробленого комплексу для переоснащення серійної просапної сівалки, при ширині міжрядь 70 см, за рахунок стрічкового внесення дає можливість зменшити витрату гербіцидів більш ніж в три рази, при одночасному підвищенні ефективності гербіцидної дії в межах стрічок внесення більше 15%.

Запропоновано та обґрунтовано два варіанти агрегування переобладнаної сівалки. Перший — на основі інтегрального трактора, у якого сівалка традиційно розташовується на задній навісній системі, а ємкість для робочої рідини (РР) — на передній. Другий — на основі трактора класичної компоновки, сівалки, розташованої на задній навісній системі та автомобільного причепа, який розташовується ззаду сівалки і застосовується для розміщення ємкості обприскувача. Такі варіанти агрегування, по-перше, забезпечують високу гнучкість застосування агрегатів, а, по-друге, дають можливість використовувати ємкість для РР до одного кубічного метра, що, в свою чергу, дає можливість такому агрегату працювати з однією заправкою РР увесь робочий день.

Розроблені ТЗ впроваджені у виробництво на наступних заводах: А) ПАТ «Галещина, машзавод» (сmt Нова Галещина Козельщинського р-ну, Полтавської обл.), 2013 рік, обсяг впровадження — 25 комплектів, ефективність – 162,3 тис. грн.); Б) ПАТ «Червона зірка» (вул. Медведєва, 1, м. Кіровоград), 2013 рік, обсяг впровадження — 30 комплектів, ефективність — 194,8 тис. грн..

Особистий внесок здобувача. Основні результати роботи здобувачем отримані самостійно. У наукових працях, які виконані у співавторстві, особистий внесок наступний: [1] — перевірка адекватності двовимірної ММП, планування та участь у польових дослідках, узагальнення результатів; [2, 10] — перевірка двовимірної ММП і запропонованої оцінки параметрів розподілу рослин у рядку за допомогою фізичної моделі посіву, а також участь у проведенні дослідів, статистичній обробці і трактуванні результатів; [3, 11] — розвиток двовимірної ММП до тривимірної, а також моделювання взаємозв'язку між глибиною загортання насіння і величиною урожаю; [4] — розвиток власного методу відновлення лінії рядка із застосуванням методів парціальних прискорень і прямого перетворення

Фур'є (ППФ); [5] — аналіз еволюції систем землеробства і обґрунтування перспективності СВГ та результати польових дослідів із застосування авторської конструкції комбінованого сошника; [8] — перевірка власних моделей методом ПН і порівняльний аналіз динаміки розроблених конструкцій сошника; [12] — компонувальна схема посівної машини і агрегату; [13] — методика відновлення лінії рядка посіву, а також критерію для визначення кількості гармонік, задіяних при апроксимації результатів вимірювань методами Фур'є.

Здобувач брав особисту участь на всіх етапах впровадження у виробництво результатів досліджень і підготовки публікацій.

Апробація результатів дисертації. Основні результати дисертації повідомлені: на щорічних міжнародних науково-практичних конференціях (МНПК) «Технічний прогрес в АПК» ХНТУСГ ім. П. Василенко, Харків, Україна, 2012 – 2015 рр.; на XVI-тій МНПК «Иновационные пути развития АПК на современном этапе» — БДСГА ім. В.Я. Горіна, м. Белгород, Росія, 2012 р.; на IX-тій МНПК «Проблемы конструирования, производства и эксплуатации сельскохозяйственной техники» — КНТУ, м. Кіровоград, Україна, 2013 р.; на науково-практичній конференції викладачів, аспірантів і студентів Сумського НАУ — СНАУ, м. Суми, Україна, 2013 р.; на МНПК «Современные проблемы освоения новой техники, технологий, организации технического сервиса в АПК» — БДАТУ, м. Мінськ, Республіка Беларусь, 2014 р.

Публікації. Основний зміст і результати дисертації опубліковані в 5-ти статтях фахових видань (одна видана в Польщі), одній статті апробаційного характеру та в 4-рьох матеріалах конференцій.

Структура і обсяг дисертації. Дисертація складається з вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаних джерел із 197 найменувань і 2 додатків. Повний обсяг дисертації — 209 сторінок. Основна частина дисертації складає 163 сторінки і містить 48 рисунків та 22 таблиці.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтована актуальність теми, викладено зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами, сформульовані мета і завдання досліджень, наведені наукова новизна і практичне значення одержаних результатів.

У першому розділі наведено аналітичний огляд інженерно-технологічних і теоретичних розробок з області технологій комбінування посіву із внесенням гербіцидів та аналіз узгодженості технологій СВГ із відомими і майбутніми системами землеробства. Встановлено, що основною ознакою наступного етапу еволюції рослинництва стане поява, становлення і широке поширення змішаних посівів, які складуть основу наступної системи землеробства — Mix-Crop. Наступним етапом стане Rot-Mix — землеробство в системі сівозмін між змішаними посівами. Із аналізу системи землеробства Strip-Till, яка зараз запроваджується у світі, та Mix-Crop, яка очікується, технології СВГ вигідно їм підпорядковуються, а, відповідно, СВГ варто вивчати і удосконалювати.

Поєднання в одному устрої сошника і РО для СВГ може спричинити до погіршення якісних показників виконання основної операції — посіву. Отже в подальшому теоретичні і практичні дослідження спрямовані саме на збереження досягнутих показників якості посіву за умови його комбінування із ПКСВГ.

У зв'язку з викладеним, виникла необхідність розгляду теоретичних підходів до вивчення динаміки сошникової групи і ММП просапних культур.

Класичним шляхом вивчення динаміки є метод, що ґрунтується на виведенні рівнянь силового балансу, спираючись на застосування принципу Даламбера-Лагранжа. Зрештою такий підхід призводить до виведення рівнянь Лагранжа другого роду, як, наприклад, в роботах А.Б. Лур'є.

Відомі також статистичні методи дослідження динаміки сільськогосподарських МТА, які застосовні і при дослідженні стабільності ходу сошників.

Підвищенням стабільності робочого процесу сошникової групи займалися Андреев Ю.М., Анілович В.Я., Бакум М.В., Басін В.С., Бойко А.І., Булгаков В.М., Заїка П.М., Кравчук В.І., Ларюшін Н.П., Морозов І.В., Сало В.М., Свірень Н.А., Сісолін П.В., Яковлев Н.С..

Відомий підхід до вивчення динаміки сошника і в цілому сільгоспмашин, оснований на представленні їх руху у вигляді складного коливального процесу: Беспамятнова Н. М., Валга А. М., Давидсон С. І., Надикто В. Т., Чорна Т. С..

Відомі роботи з оцінки точності розподілу насіння рослин по довжині і глибині рядка, а також по ширині стрічки розсівання: Басін В.С., Василенко В.В., Зиранов В.О., Лур'є А.Б., Масло І.П., Насонов В.А., Царенко О.М., Цибуля М.Г., Akond M., Altikat S., Arslan S., Bazzelle R., Bobby R., Cesnieks A., Clark W., Ebrahimian S., Gassemzadeh H.R., Karayel D., Kantartzi S.K., Kassem A., Korucu T., Meksem K., Mousavinia M.J., Navid H., Özmerzi A., Önal O., Önal I., Seidi E., Vilde A. та ін.. Матеріали, наведені в перерахованих роботах, використані в процесі розробки власної ММП просапних культур.

Вивченням і моделюванням імовірнісних процесів пунктирного посіву займалися: Ахмеров Х.Х., Булигін Н.Н., Василенко В.В., Кошурніков А.Ф., Мельник В.І., Пастухов В.І., Петунін І.А., Полонецький С.Д., Полуктов Р.О., Сміряєв А.В., Труфанов В.В., Хангільдін Е.В., Чікільдін В.Н.. Загальною характеристикою наведених робіт є розробка математичних моделей, які дозволяють вивчати взаємозв'язок між параметрами процесу висіву та загортання насіння і показниками якості їх кінцевого розподілу в рядках.

Отже подальші дослідження повинні показати, що комбінування ПКСВГ із посівом не погіршує якість виконання основної операції — посіву.

У другому розділі наведено результати моделювання закономірностей розподілу рослин в рядках посіву та динаміки комбінованого сошника.

Використаємо праву Декартову систему координат $Oxuz$, вісь абсцис Ox якої паралельна поверхні поля, співпадає із віссю рядка посіву і за орієнтацією вказує в бік напрямку руху агрегату при посіві, вісь ординат Oy також паралельна поверхні поля, а вісь аплікату Oz — орієнтована вверх.

Уявімо лінію рядка кукурудзи в параметричній формі: $y = y(l)$; $z = z(l)$, де l — довжина відрізка рядка ($l \approx x$) і запишемо їх як суму трьох гармонік:

$$y(l) = \sum_{k=0}^3 A_k^{(y)} \sin\left(\frac{2\pi}{L_k^{(y)}} l + \phi_k^{(y)}\right) + y_0; \quad z(l) = \sum_{k=0}^3 A_k^{(z)} \sin\left(\frac{2\pi}{L_k^{(z)}} l + \phi_k^{(z)}\right) + z_0, \quad (1)$$

де: $A_k^{(y)}$ і $A_k^{(z)}$ — амплітуди, $L_k^{(y)}$ і $L_k^{(z)}$ — довжини хвиль та $\phi_k^{(y)}$ і $\phi_k^{(z)}$ — початкові фази k -тих ($k=1, 2, 3$) гармонік; y_0 і z_0 — зміщення системи координат. Тут перша гармоніка ($k=1$) стосується непрямої лінійності руху трактора, друга ($k=2$) — коливань рухів сівалки в цілому; третя ($k=3$) — коливань базової точки сошника (БТС) відносно рами сівалки.

Втручання в конструкцію сошника, шляхом дообладнання його РО для ПВСВГ у виразі $z = z(l)$ (1) врахуємо коефіцієнтами $K_k^{(a)}$ і $K_k^{(l)}$:

$$z(l) = \sum_{k=0}^3 K_k^{(a)} A_k^{(z)} \sin\left(\frac{2\pi}{K_k^{(l)} L_k^{(z)}} l + \phi_k^{(z)}\right) + z_0, \quad (2)$$

де $K_1^{(a)} = K_2^{(a)} = K_1^{(l)} = K_2^{(l)} = 1$, а $K_3^{(a)}$ і $K_3^{(l)}$ стосуються саме руху сошника і, якщо його динаміка у разі втручання змінюється, то, можливо, що $K_3^{(a)} \neq 1$ і $K_3^{(l)} \neq 1$.

Домовимося, що мітка ідеального висіву (МІВ) — це точки лінії рядка з координатами (x_i, y_i, z_i) , в які повинні потрапити насіння при ідеальному висіві. Якщо такий висів відбувся, то виміряну вздовж кривої (1), (2) відстань l_i від початкової МІВ (при $i=0$), до будь-якої (i -тої) МІВ визначаємо виразом $l_i = ai$, де a — задана відстань між МІВ, як довжина дуги відрізка лінії рядка.

У реальності частина МІВ з ймовірністю P_1 будуть пропущені ($0 \ll P_1 < 1$), а інша частина, з ймовірністю P_2 — продубльовані ($0 < P_2 \ll 1$). Крім того, якщо висів відбувся, то поява рослини регламентується ймовірністю P_3 .

Моделювання на ЕОМ подій, які визначаються ймовірностями P_k , ($k=1, 2, 3$), виконували методом Монте-Карло. З урахуванням P_k для фактичного інтєрвалу a_i між i -тою і попередньою рослинами справедливе відношення $a_i = l_i - l_{i-1} \neq a$. Насправді кожне із насінин при падінні в борозенку, а також при подальшому загортанні і внаслідок досходових операцій, відхиляється від МІВ вздовж і поперек вісі рядка на деякі відстані — осьову τ_i і дві поперечні девіанти r_i (горизонтальна), h_i (вертикальна), де i — номер поточної МІВ, яка дала рослину. Девіанта τ_i є статистично незалежною, а між r_i і h_i може бути кореляція. Зі значною ймовірністю τ_i , r_i і h_i підпорядковані нормальному закові розподілу з нульовим середнім і середньоквадратичними відхиленнями σ_τ , σ_r і σ_h . Розрахунок τ_i , r_i і h_i виконували методом Монте-Карло.

Оскільки відомо, що між величинами r_i і h_i може бути кореляція, то після генерації множин $\{r_i\}$ і $\{h_i\}$, де $i = 1, 2, \dots, n$, а n — кількість рослин у посіві, що моделюється шляхом перестановок місцями значень $h_a \in \{h_i\}$ і $h_b \in \{h_i\}$, де a і b — цілі псевдовипадкові числа, рівномірно розподілені, на інтервалі $[1, n]$, досягали необхідної кореляції у відповідності із коефіцієнтом кореляції Пірсона.

Девіанту τ_i відраховували по кривій лінії рядка, а девіанти r_i , h_i — в межах площини, яка містить відповідну МІВ і перпендикулярна до лінії рядка (1), (2). У результаті координати $(\tilde{x}_i, \tilde{y}_i, \tilde{z}_i)$ реалізованих міток (РМ), що позначають точки розташування насіння, яке дало сходи визначали так:

$$\tilde{x}_i = x_i(l_i + \tau_i), \quad \tilde{y}_i = y_i(l_i + r_i), \quad \tilde{z}_i = z_i(l_i + h_i), \quad (3)$$

де \tilde{x}_i , $v_y = v_y(t)$, \tilde{z}_i розуміємо, як конкретні значення координат x , y , z .

Оскільки можливі інверсії рослин, коли $l_{i+1} < l_i$. Щоб позбутися цього, рослини перенумерували в порядку зростання абсциси і поверталися до попередніх позначень координат (x_i, y_i, z_i) , які тепер визначають остаточне положення кожної РМ, що входять в переупорядковані множини $\{x_i\}$, $\{y_i\}$ і $\{z_i\}$, де

$$i = 1, 2, \dots, N_r, \quad N_r = \sum_{i=1}^{n_p} \sum_{j=1}^{n_s} n_{ij}; \quad (4)$$

N_r — загальна кількість РМ; n_p — кількість змодельованих проходів сівалки; n_s — кількість сошників сівалки, яка визначається її конструкцією; n_{ij} — кількість РМ на обліковій ділянці i -того проході j -того сошника.

Для моделювання взаємозв'язку між кінцевим розподілом РМ та урожайністю, використали коефіцієнт η реалізації біопотенціалу (Ю.І. Ковтун, В.І. Пастухов). Обробка даних для кукурудзи на зерно, соняшнику і цукрового буряку дозволила одержати аналітичні вирази. У результаті встановлено, що на величині η позначається тільки амплітуда коливань сошника, і ніяк не позначається довжина хвилі цих коливань.

Подальший розвиток запропонованої ММП, а також теоретичне дослідження динаміки комбінованого сошника потребує розв'язання задачі з відновлення траєкторії сошника (ВТС), яка розглядається як проекція лінії рядка на горизонтальну площину системи координат Oxy , тобто як функція $y = y(x)$. Для задачі ВТС розроблено диференційний та інтегративний методи. В їх основу покладено метод парціальних прискорень (Артемов М.П., 2012 р.).

У відповідності із диференційним методом для ВТС необхідно спочатку представити проекцію лінії рядка на площину Oxy у вигляді ряду Фур'є:

$$y(x) = \sum_{i=0}^n A_i \cos\left(\frac{2\pi}{L} ix + \phi_i\right), \quad x \in [0, L], \quad (5)$$

де Oy — ширина інтервалу зміни x , A_i , i/L і ϕ_i — амплітуда, довжина хвилі і початкова фаза i -тої гармоніки; n — номер старої гармоніки.

Вважаємо, що в межах $x \in [0, L]$ горизонтальна складова v_x лінійної швидкості v БТС є постійною, то $x = x(t) = v_x t$, а вираз (5) перетворюється в такий:

$$y(t) = \sum_{i=0}^n A_i \cos\left(\frac{2\pi}{T} it + \phi_i\right), \quad t \in [0, T], \quad (6)$$

де $T = L/v_x$ — період, а ордината $y = y(t)$ подана як функція часу t . Далі вираз (6) диференціюємо по t і отримуємо залежність $v_y = v_y(t)$ швидкості переміщення БТС сошника в напрямку осі ординат Oy від часу t :

$$v_y(t) = -\sum_{i=0}^n A_i \frac{2\pi}{T} i \sin\left(\frac{2\pi}{T} it + \phi_i\right), \quad t \in [0, T]. \quad (7)$$

Тепер, диференціюючи (7) по t , отримуємо a_y — прискорення БТС сошника в напрямку вісі Oy як функцію часу t :

$$a_y(t) = \sum_{i=0}^n B_i \cos\left(\frac{2\pi}{T} it + \phi_i\right), \quad B_i = -A_i \left(\frac{2\pi}{T} i\right)^2, \quad t \in [0, T]. \quad (8)$$

Технічних проблем з експериментальним виміром a_y , v_x , L і T немає, а, значить, застосувавши ППФ, отримуємо значення B_i , ϕ_i , і відновлюємо функціональний зв'язок $a_y = a_y(t)$ (8). Із другого виразу (8) витікає, що

$$A_i = -B_i (2\pi/T^{-1}i)^{-2}, \quad t \in [0, T]. \quad (9)$$

Тепер відтворюємо функцію $v_y = v_y(t)$ (7), а потім $y = y(t)$ (6). Далі, враховуючи $t = x/v_x$, здійснюємо реконструкцію шуканої траєкторії $y = y(x)$ (5).

У роботі показано, що функціональний зв'язок $a_y = a_y(t)$ (8) можна одержати на основі вимірювання кутової швидкості ω_z повороту сошника відносно паралельної Oz вертикальної вісі, яка проходить через БТС.

У відповідності із запропонованим інтегративним методом вирішення задачі ВТС, спочатку поздовжню $a_x = a_x(t)$ і поперечну $a_y = a_y(t)$ горизонтальні складові прискорення БТС записуємо у вигляді розкладів Фур'є:

$$a_\alpha(t) = \sum_{i=0}^n A_i^{(a_\alpha)} \cos\left(\frac{2\pi}{T} it + \phi_i^{(a_\alpha)}\right), \quad t \in [0, T], \quad \alpha \in \{x, y\}, \quad (10)$$

n — максимальний номер елемента розкладання визначається далі; $A_i^{(a_\alpha)}$ $\phi_i^{(a_\alpha)}$ — амплітуди і початкові фази розкладів, які в подальшому знаходимо шляхом застосування ППФ по відношенню до експериментальних даних.

Відновлення осьової і поперечної горизонтальних складових лінійної швидкості БТС, як функцій часу, виконуємо інтегруванням виразів (10):

$$v_{\alpha}(t) = \tilde{v}_{\alpha}(t) + C_{v\alpha}, \quad t \in [0, T], \quad \alpha \in \{x, y\}, \quad (11)$$

де

$$\tilde{v}_{\alpha}(t) = A_0^{(a_{\alpha})} \cos \phi_0^{(a_{\alpha})} t + \sum_{i=1}^n A_i^{(a_{\alpha})} \frac{T}{2\pi i} \sin \left(\frac{2\pi}{T} it + \phi_i^{(a_{\alpha})} \right), \quad (12)$$

а постійні інтегрування $C_{v\alpha}$ в загальному випадку визначаються з умови:

$$v_{\alpha}(t_0) = \tilde{v}_{\alpha}(t_0) + C_{v\alpha}, \quad (13)$$

і вимагають високої точності вимірювання початкових швидкостей $v_{\alpha}(t_0)$.

Постійну C_{vy} слід визначати з умови:

$$\sum_{k=0}^N v_y(t_k) = \sum_{k=0}^N [\tilde{v}_y(t_k) + C_{vy}] = 0, \quad (14)$$

звідки:

$$C_{vy} = -(N+1)^{-1} \sum_{k=0}^N \tilde{v}_y(t_k) = 0. \quad (15)$$

Для обчислення постійної інтегрування C_{vx} , щоб знизити вимогу на точність вимірювання осьової складової швидкості v_x :

$$v_x = v_x(k) = v_{xk} \in \{v_{x0}, v_{x1}, \dots, v_{xN}\}, \quad k = 0, 1, \dots, N, \quad (16)$$

де кожному k відповідає час $t = t(k) = t_k \in \{t_0, t_1, \dots, t_N\}$, необхідно скористатися середньою величиною:

$$\bar{v}_x = (N+1)^{-1} \sum_{i=0}^N v_{xk}, \quad (17)$$

і умовою:

$$(N+1)^{-1} \sum_{k=0}^N [\tilde{v}_x(t_k) + C_{vx}] = \bar{v}_x, \quad (18)$$

звідки:

$$C_{vx} = \bar{v}_x - (N+1)^{-1} \sum_{k=0}^N \tilde{v}_x(t_k). \quad (19)$$

Відновлення параметричних залежностей $x = x(t)$ і $y = y(t)$ знову визначаємо інтегруванням:

$$\alpha(t) = \int v_{\alpha}(t) dt = \int [\tilde{v}_{\alpha}(t) + C_{v\alpha}] dt, \quad \alpha \in \{x, y\}. \quad (20)$$

У результаті одержуємо:

$$\alpha(t) = \tilde{\alpha}(t) + C_{v\alpha} t + C_{\alpha}, \quad \alpha \in \{x, y\}, \quad (21)$$

де

$$\tilde{\alpha}(t) = \frac{1}{2} A_0^{(a_{\alpha})} \cos \phi_0^{(a_{\alpha})} t^2 - \sum_{i=1}^n A_i^{(a_{\alpha})} \left(\frac{T}{2\pi i} \right)^2 \cos \left(\frac{2\pi}{T} it + \phi_i^{(a_{\alpha})} \right), \quad (22)$$

а постійна інтегрування $C_{\alpha} = 0$ і $\alpha \in \{x, y\}$. На цьому завершується алгоритм відновлення записаної в параметричній формі $x = x(t)$ і $y = y(t)$ шуканої функції $y = y(x)$, що являє собою аналітичне подання траєкторії сошника.

У третьому розділі наведено запропоновані варіанти конструктивно-технологічної реалізації ПВСВГ. Розроблені ТЗ для ПВСВГ (рис. 1) призначені для дообладнання серійних секцій сівалки СУПН-6А. Для цього на полоз 1 кожної секції встановили СППС 2 авторської конструкції. За ним слідує штатні

загортачі 3 і далі подовжувачі 4 тяги 5 коліс для прикочування (не показано). У робочому положенні загортачі 3 утримують пружини 6. РР підходить по каналу 7 до щільного розпилювача 8 через клапан-відсікач та індивідуальний фільтр. Останні (не показано) розташовані в корпусі розпилювача, який розміщений в зазорі між вертикальними стінками СППС. На нижній поверхні стрілочастих крил подовжувача закріплені асиметричні загортачі. Їх призначення — вкривати грунтом насіння до моменту внесення РР.

В роботі запропоновано два агрегати. Перший варіант (рис. 2А) складався з інтегрального трактора ХТЗ-120 (1), сівалки СУПН-6А (2) і штангового обприскувача (3), встановлених на задній і передній навісних системах відповідно. Другий варіант (рис. 2Б) — на основі трактора ЮМЗ-6ЛС класичної компоновки (1), агрегатованого із сівалкою СУПН-6А (2), до якої ззаду приєднано легковий автомобільний причіп (4) із обприскувачем (3). Штангу обприскувача залишили складеною. Привід насоса здійснювали використавши гідромотор ДМШ-32.

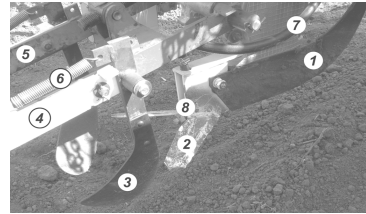


Рис. 1. Удосконалена посівна секція сівалки СУПН-6А

Основні техніко-технологічні параметри розроблених агрегатів наступні. Кількість робочих секцій — 6 шт.. Ширина захвату — 4,2 м. Ширина міжряддя 0,7 м. Ширина стрічки внесення гербіциду — 0,2 м. Мінімальна глибина заробки гербіцидів — 4 см. Інтервал між шаром гербіцидів і рівнем заробки насіння — 1,5 – 3,5 см. Глибина заробки насіння при внесенні гербіцидів — 5,5 – 8,0 см. Технологічна ємкість для РР — 800 л. Робочий тиск — 1 – 4 бар. Витрата РР — 1,38 – 2,70 л/хв.. Мінімальні погектарні витрати РР — 22 л/га. Робоча швидкість за роботоздатністю комбінованого сошника — 6 – 9 км/год.. Продуктивність, га/год. — 3,3 (варіант рис. 2А) і 3,47 (варіант рис. 2Б).



А



Б

Рис. 2. Варіанти запропонованих комбінованих агрегатів для посіву просапних культур та ПВСВГ на базі трактора інтегральної (А) і класичної (Б) компоновки

У четвертому розділі наведено результати експериментів. Зокрема показано наявність кореляції між горизонтальним відхиленням насіння кукурудзи від лінії рядка r і глибиною h їх заробки. Посів виконували агрегатом у складі трактора МТЗ-80 та сівалки СУПН-6А. У чотирьох повторностях дослідів коефі-

цієнтом кореляції Пірсона $\text{corr}(r,h) \in \{0,23; -0,14; -0,05; 0,02\}$. $\text{corr}(r,h) < 0$ пояснюється підкеруванням агрегату, а $\text{corr}(r,h) > 0$ — періодичним заглибленням сошника нижче рівня передпосівної культивування.

В обчислювальних експериментах провели перевірку розробленої методики моделювання кореляційних зв'язків $\text{corr}(r,h)$. Досягнута різниця Δ_{corr} між заданим та одержаним значенням $\text{corr}(r,h)$, попадає в інтервал $\Delta_{\text{corr}} \in [0; 0,01]$.

Оцінку адекватності розробленої ММП перевіряли на фізичній моделі посіву просапних культур. Вона включає розташований на горизонтальній площині 10-ти метровий відрізок міліметрового паперу, на якому нанесена лінія вісі рядка. Уздовж неї на ребро укладено і зафіксовано металеве полотно рулетки 2 (рис. 3). Уздовж полотна в точках розташування рослин закріплені m -подібні металеві планки 1, на кожній з яких точкою 3 показано положення рослини, з відхиленням її від осі рядка на величину r_i^0 .

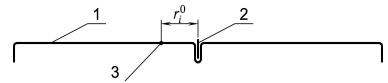


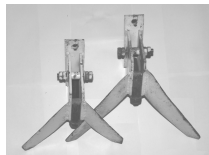
Рис. 3. Схема m -подібної планки

За результатами експериментів (7 повторностей) оцінки точності ММП встановлено, що середня похибка оцінки середнього арифметичного значення інтервалів між рослинами становить 1,92%, а середнє значення абсолютної величини похибки оцінки середньоквадратичного значення — 1,21%. Середня похибка незміщеної оцінки середньоквадратичного відхилення рослин в бік від осі рядка становила 4,53%. Висока точність ММП вказує на її адекватність і, відповідно, на можливість застосування для порівняння розроблених конструкцій сошника.

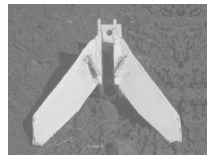
Програма першої групи експериментів передбачала дослідження параметрів розподілу насіння в рядку для трьох варіантів конструкції СППС (рис. 4): Варіант №1 (контроль, рис. 4Б) — загортачі відсутні; Варіант №2 (рис. 4В) — загортачі виступали нижче площини різання на величину $\Delta_h = 5$ мм і розташовувалися симетрично, тобто зі зміщенням $\Delta_l = 0$ мм і рівними кутами відхилення $\alpha_1 = \alpha_2 = 30^\circ$; Варіант №3 (рис. 4Г) — асиметричні загортачі, при $\Delta_h = 5$ мм і $\alpha_1 = \alpha_2 = 30^\circ$, як у варіанті №2, але $\Delta_l = 17$ мм. Ширині захвату СППС $S = 290$ мм.



А



Б



В



Г

Рис. 4. СППС в зборі з вузлом розпилювача (А, Б) і без нього (В, Г) в трьох варіантах виконання: А, Б — без загортачів та різною шириною захвату (Б) 220 і 290 мм; В і Г — з двома симетричними і асиметричними загортачами

З порівняння даних (рис. 5) випливає, що середньоквадратичне відхилення насіння по горизонталі від лінії рядка σ_r у другому досліді на 22,8% більше ніж на контролі. Не зміщена оцінка середньоквадратичного відхилення σ_r^* (рис. 5А) також більше контролю на 23,4% у досліді №2. Середнє значення σ_h середньоквадратичної глибини загортання насіння у другому досліді було на 52,9% більше, ніж на контролі (рис. 5Б). Коефіцієнт варіації ν_h глибини загортання насіння також був найбільшим в другому досліді і перевищив контроль на 55,56%. З порівняння кореляції $\text{corr}(r, h)$ між величиною горизонтальних відхилень насіння від лінії рядка r і глибиною їх загортання h (рис. 5В) витікає що, достовірна кореляція $\text{corr}(r, h) = -0,19$ спостерігається тільки в досліді №2. Отже, симетричні загортачі (варіант 2) призводять до суттєвого погіршення точності розподілу насіння в рядку і по цій причині в подальших дослідженнях використовували СППС із асиметричними загортачами.

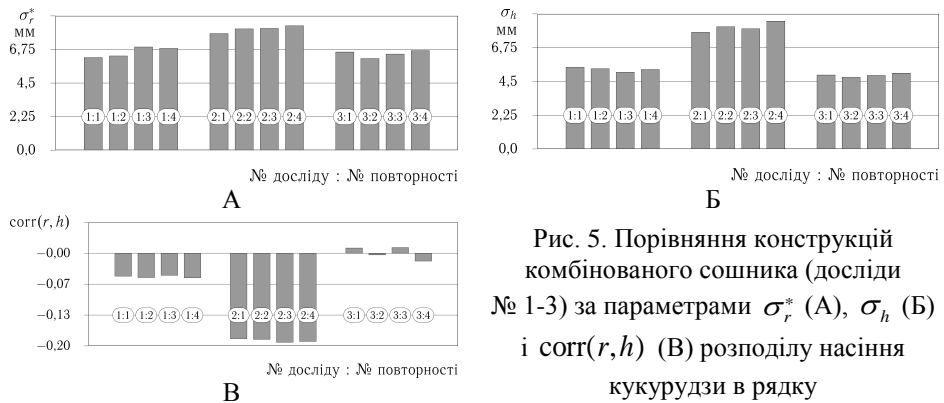


Рис. 5. Порівняння конструкцій комбінованого сошника (досліді № 1-3) за параметрами σ_r^* (А), σ_h (Б) і $\text{corr}(r, h)$ (В) розподілу насіння кукурудзи в рядку

Друга група дослідів передбачала чотири варіанти (№3-6). Перші три варіанти відрізнялися шириною захвату СППС: $S = 290$ мм (варіант №3, співпадає із варіантом №3 попереднього експерименту); $S = 255$ мм (варіант №4); $S = 220$ мм (варіант №5). Остання, мінімальна ширина захвату обмежена шириною смуги внесення гербіциду, яка складала $S = 200$ мм і допуском на осипання ґрунту по 10 мм з кожного боку. Останній варіант №6 прийнятий в якості контролю і передбачав випробування серійного сошника без будь-яких змін.

У всіх дослідях середньоквадратичне горизонтальне відхилення σ_r рослин від лінії рядка варіювало від 5,28 мм (дослід №5) до 5,97 мм (дослід №4). Закономірності зміни незміщеної оцінки σ_r^* середньоквадратичного значення горизонтальних відхилень рослин від лінії рядка співпадають із такими для σ_r . Мінімальне значення σ_r^* становить 5,94 мм або 97,54% від контролю (рис. 6А).

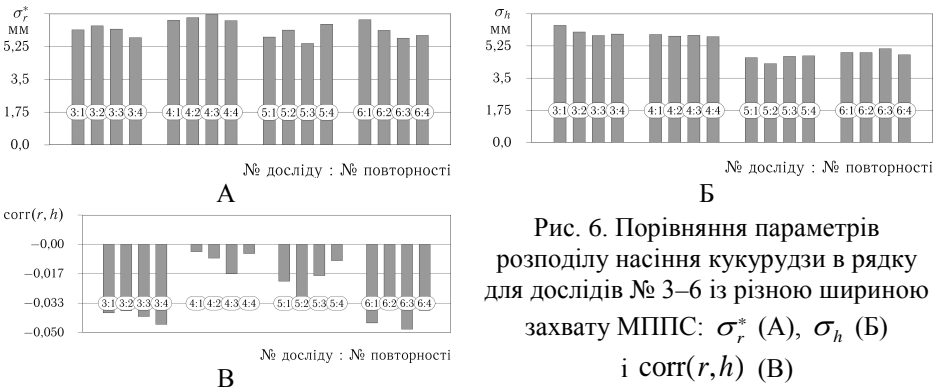


Рис. 6. Порівняння параметрів розподілу насіння кукурудзи в рядку для дослідів № 3–6 із різною шириною захвату МППС: σ_r^* (А), σ_h (Б) і $\text{corr}(r, h)$ (В)

Глибина \bar{h} майже монотонно зменшується, починаючи від досліду №3 і закінчуючи контрольним дослідом №6. Величина σ_h (рис. 6Б) зменшується від 6,03 мм (дослід №3) до 4,58 мм (дослід №5). Коефіцієнт варіації v_h для дослідів №3 і 4 склав 0,1, а для дослідів №5 і 6 — 0,08. Кореляція $\text{corr}(r, h)$ (рис. 6В) відсутня у всіх дослідях. Отже за комплексом параметрів розподілу насіння в рядках дослід №5 перевершує всі інші варіанти і навіть контроль.

Стабільність робочого ходу комбінованого сошника запропонованої конструкції оцінювали відновленням траєкторії руху сошника і аналізом амплітудно-частотної характеристики його горизонтальних і вертикальних коливань.

Відновлення траєкторії сошника, необхідне для оцінки адекватності подання траєкторії його руху у вигляді тригонометричного ряду Фур'є передбачає вимірювання: 1) декартових компонент прискорень (осьової a_x , поперечної a_y , вертикальної a_z) руху БТС; 2) трьох кутових швидкостей сошника ω_x , ω_y і ω_z відносно осей Ox , Oy і Oz системи координат $Oxyz$, пов'язаної з БТС; 3) відміток часу потоку даних; 4) осьової складової швидкості v_x руху БТС.

Оцінка амплітудно-частотної характеристики горизонтальних і вертикальних коливань сошника дозволяє одержати кількісну оцінку коливальних процесів. Для його застосування необхідно мати часові ряди парціальних прискорень a_x , a_y і a_z , а також кутових швидкостей ω_x , і ω_z . Для їх вимірювання використали розроблену Антощенковим Р.В. мобільну вимірювальну систему. Її компонентами є: комп'ютер, модуль GPS, блок живлення, CAN-шина і три інерційних вимірювальних прилади, які об'єднують тривимірні акселерометр (для вимірювання a_x , a_y і a_z) і гіроскоп (для вимірювання ω_x , ω_y і ω_z). Відповідно із розробленою ММП інерційні вимірювальні прилади встановили на посівній секції та на рамах сівалки і трактора. Пост спостереження організували або в кабіні трактора (рис. 2А), або на причепі (рис. 2Б).

Програма експериментів для порівняння параметрів динаміки розроблених конструкцій комбінованого сошника передбачала чотири варіанти: №1 — заводська конструкція сошника без змін (контроль); №2 — СППС без загортачів; №3 — СППС із симетричними загортачами (рис. 4В); №4 — СППС із асиметричними загортачами (рис. 4Г). Ширина захвату всіх варіантів СППС становила 220 мм. Глибина посіву становила 60 мм, а внесення РР — 40 мм. Вимірювання проводили протягом 12 с робочого ходу, після виходу агрегату на усталений режим.

Динаміку сошників оцінювали за середньоквадратичним відхиленням σ_{λ_z} (град.) кута повороту λ_z (град.) сошника в горизонтальній площині навколо осі Oz і за середньоквадратичним відхиленням $\sigma_{\Delta h}$ (мм) різниці ($\Delta h = h - \bar{h}$) між поточною глибиною h (мм) ходу сошника і її середнім значенням \bar{h} (мм). Кількість повторностей дослідів — чотириразова. Із аналізу гістограм рис. 7А видно, що горизонтальні крутильні коливання сошників у всіх випадках відрізнялися не принципово. Стабільність ходу сошників по глибині (рис. 7Б) в дослідях різнилась істотно більше. Найгірший варіант залишився тим же (дослід №3). В разі, коли загортачі відсутні (дослід №2), то стабільність ходу поліпшується.

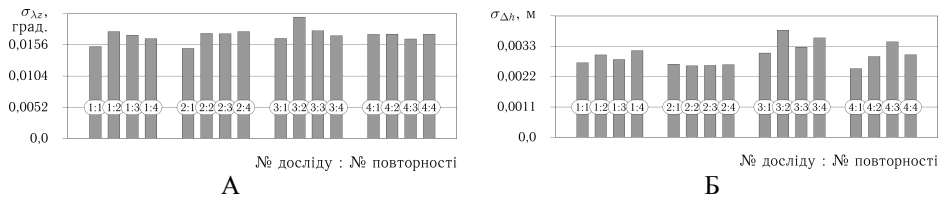


Рис. 7. Порівняння показників стабільності робочого ходу сошників σ_{λ_z} (А) і $\sigma_{\Delta h}$ (Б) згідно експериментам № 1 – 4

Таким чином, встановлено, що варіант конструкції СППС із асиметричними загортачами і шириною захвату 200 мм має показники стабільності робочого ходу, зрівнянні з сошником, який має заводську конструкцію.

У п'ятому розділі наведена господарська ефективність комбінованого ТП посіву просапних культур і ПВСВГ.

В експериментах для порівняння розроблених варіантів конструкції комбінованих сошників за ефективністю гербіцидної дії на дводольні і злакові бур'яни в посівах кукурудзи використовували ґрунтовий препарат Харнес 90. Облік за-сміченості проводили один раз, через місяць після посіву. При цьому оцінювали кількість бур'янів на одиниці площі n_x , в шт. /м², які потрапляють в спектр дії внесеного препарату і тільки уздовж захисних смуг шириною 18 см

Програма експериментів включала три дослідів в чотирьох повторностях. Контроль (дослід №1) — гербіцид вносили суцільно під передпосівну культиву-ацію на глибину 7 см в нормі 2 л/га. Дослід №2 — гербіцид вносили стрічковим способом спільно з посівом шляхом застосування комбінованих сошників із

СППС розробленої конструкції без загортачів і з шириною захвату 220 мм. Норму внесення препарату складало 0,6 л/га. Висів насіння кукурудзи здійснювали на глибину 7 см, а глибина заробки гербіциду становила 5 см. Дослід №3 — повторював попередній, тільки на сошниках використовували СППС із асиметричним розташуванням загортачів. Найкращим є варіант застосування СППС із асиметричними загортачами (дослід №3), коли в порівнянні із контролем зниження засміченості посівів n_s складало 18 – 42 шт./м² (17,65 – 31,53%). У досліді №2 результат дещо гірший — n_s складало 7 – 29 шт./м² або 5,79 – 21,57%.

У порівнянні із суцільним внесенням очікуваний річний економічний ефект від впровадження запропонованої технології ПВСВГ при вирощуванні кукурудзи на зерно складає 145,52 грн./га, а термін окупності додаткових капіталовкладень — 1,47 роки. Зменшення норми витрат препарату перевищує 3 рази, при збільшенні ефективності гербіцидної дії на 30 – 50%.

ВИСНОВКИ

У дисертації наведено теоретичне узагальнення і нове вирішення наукового завдання, що виявляється в обґрунтуванні параметрів комбінованого процесу висіву насіння просапних культур і ПВСВГ як імовірного процесу, що враховує ймовірність появи пропусків, двійників, наявність кореляції між глибиною загортання насіння і їх бічними відхиленнями, а також випадковий характер відхилень рослин від міток ідеального положення в тривимірному просторі, а рух сошника розглядається як супроводжуваний коливаннями процес, який представлено у вигляді суми гармонік, параметри яких визначаються з використанням методів парціальних прискорень і ППФ. Це дозволило створити новий комбінований сошник для посіву просапних культур і ПВСВГ, який мінімізує витрату хімікатів і одночасним поліпшенням екологічності та ергономічності.

Основними підсумками є наступне:

1. Проведеним вивченням та узагальненням відомих досліджень щодо застосування рідких засобів хімізації в рослинництві встановлено: в найближчій перспективі отримає розвиток система смугової обробки ґрунту, для якої стрічкові технології застосування гербіцидів є найбільш підходящими; стрічкове ВВГ слід розглядати як екологічно ощадливий прийом; стосовно посіву просапних культур оптимальна глибина загортання ґрунтових гербіцидів (до 6 см) у більшості випадків менше оптимальної глибини загортання насіння культурних рослин (до 4 – 10 см); комбінування в одну посівну секцію сошників і РО для ПВСВГ може призвести до порушення динаміки сошників і, як наслідок, до порушення рівномірності розподілу насіння вздовж лінії рядка, по ширині стрічки розсівання і по глибині. У процесі теоретичних і практичних досліджень динаміки сошникової групи слід застосувати уявлення про рух сошника як про коливальний процес у вигляді кінцевої або нескінченної суми гармонік.

2. Для оцінки параметрів якості посіву, як основного ТП, а також з метою створення основи для теоретичних і практичних оцінок ступеня впливу СППС, призначеного для ПВСВГ, на перерозподіл раніше висіяного насіння і, зрештою,

на величину урожаю, розроблена тривимірна імовірнісна ММП, яка враховує імовірнісний характер висіву насіння, появи двійників, реальну схожість насіння, просторові девіації насіння відносно МПВ, наявність кореляції між глибиною загортання насіння і поперечним відхиленням від лінії рядка і залежність врожайності від глибини загортання насіння. Для підвищення урожайності посіву вирішальне значення має амплітуда і кількість гармонік вертикальних коливань сошника, і зовсім не має значення довжина хвилі цих гармонік. Перевірку кількісних показників адекватності ММП проводили із застосуванням розробленої фізичної моделі посіву, для якої всі параметри відомі спочатку.

3. Для порівняльної оцінки інтенсивності коливань, які супроводжують робочий хід розроблених варіантів конструкції комбінованого сошника використані методи парціальних прискорень і ППФ, які в кінцевому підсумку дали можливість отримати проекції лінії рядка на поздовжньо-вертикальну і поздовжньо-горизонтальну площини. Для цього розроблені диференційний і інтегративний методи відновлення лінії рядка за результатами вимірювання тривимірних складових кутових швидкостей і прискорень сошника, а також метод ПН відновлення лінії рядка за координатами насіння, що дало сходинку.

4. Для реалізації технології комбінованого виконання посіву просапних культур спільно з ПВСВГ розроблений СППС. Розпилювач гербіцидів встановлений в кінематичній тині самого полоза сошника і його стрілкового подовжувача. Орієнтований розпилювач, головним чином, назад і в меншій мірі на площину різання лез СППС. Обґрунтовані конструктивно-технологічні параметри розробленого СППС наступні: ширина захвату подовжувача — 220 мм; кут розхилу стрілкового леза — 65°; кут кришення лез — 20°; максимальна висота лез — 20 мм; кут між загортачами — 30°; зміщення заднього загортача щодо переднього — 17 мм; кут нахилу розпилювача — 8°; висота установки розпилювача — 15 мм; кут розхилу факела розпилювача — 90°; робочий тиск — 1 – 4 бар; витрата РР — 0,23 – 45 л/хв.; ширина смуги внесення РР — 180 мм.

5. Наявність розробленого СППС із шириною захвату 220 мм сприяє стабілізації глибини ходу сошника. У такому випадку середнє значення відхилення глибини ходу сошника складає 89,66% від показника заводського серійного сошника. Асиметричні загортачі нівелюють стабілізаційний ефект СППС, але функціонально необхідні і в цілому збільшують горизонтальні крутильні коливання сошників на 2,38%, а вертикальні відхилення по глибині ходу на 3,45%

6. З урахуванням досягнутої мінімальної погектарної витрати РР 23 л/га, для реалізації можливості роботи комбінованого агрегату на одній заправці РР протягом робочого дня ефективні дві компоновальні схеми комбінованого агрегату: перша — на основі трактора інтегральної компоновки, коли ємкість для РР розташовується на передній навісній системі, а сівалка з комбінованими сошниками — на задній; другий — на основі трактора класичної компоновки, коли технологічна ємкість для РР розташовується на агрегатованому із сівалкою і розташованому позаду неї легковому причепі.

7. У результаті застосування технології ПВСВГ шляхом використання розроблених комбінованих сошників отримано зниження засміченості посівів куку-

рудзи на 27,59%. Застосування розробленої технології і ТЗ дозволяє зменшити витрату гербіцидів більш ніж в 3 рази. Досягнутий річний економічний ефект від впровадження запропонованої технології вирощування кукурудзи на зерно становить 145,5 грн./га, а термін окупності додаткових капіталовкладень — 1,47 років. Річний економічний ефект від впровадження розроблених технічних засобів у серійне виробництво в ПАТ «Галещина, машзавод» становить 162,3 тис. грн., а у ПАТ «Червона зірка» — 194,8 тис. грн..

СПИСОК ОСНОВНИХ ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСРЕТАЦІЇ

1. Мельник В.И. Математическое моделирования посева пропашных культур / В.И. Мельник, *Аль-Фтиххат Муосаб Абдалвахид Мохаммед* // Бюллетень научных работ. — Белгород: БелГСХА, 2012. — Вып. 32. — С. 132-142.
2. Мельник В.И. Проверка адекватности разработанной математической модели посева пропашных культур / В.И. Мельник, *Аль-Фтиххат Муосаб Абдалвахид Мохаммед*, С.А. Никитенко // Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету [Електронний ресурс]. — Мелітополь: ТДАТУ, 2012. — Вип. 2, Т. 5. — С. 40-48. — Режим доступу: <http://www.nbuu.gov.ua/e-journals/nvtdau>.
3. Мельник В.И. Применение трехмерной математической модели посева пропашных культур для оценки потерь урожая / В.И. Мельник, *Аль-Фтиххат Муосаб Абдалвахид Мохаммед* // Механізація сільськогосподарського виробництва: Вісник Харківського національного технічного університету сільськогосподарства імені Петра Василенка. / Харків: Друкарня ФОП Сегаль І.М., 2013. — Вип. 135. — С. 43-52.
4. Мельник В.И. Использование метода парциальных ускорений при восстановлении траектории сошника / В.И. Мельник, *Аль-Фтиххат Муосаб Абдалвахид Мохаммед* // Науково-теоретичний збірник: Вісник ЖНАЕУ. / Житомир: ЖНАЕУ, 2014. — Вип. 1(45), Т. 1, Ч. II. — С 438-447.

Публікації за кордоном

5. Мельник В.И. Ленточное внесение почвенных гербицидов в контексте эволюционирующего земледелия / В.И. Мельник, *Аль-Фтиххат Муосаб Абдалвахид Мохаммед* // Motrol, — Lublin, 2014. — Tom 16, No 7. — С. 117-124.

Додаткові публікації

6. Мельник В.И. Изучение динамики комбинированного сошника / В.И. Мельник, *Аль-Фтиххат Муосаб Абдалвахид Мохаммед*, Р.В. Антощенко // Інженерія природокористування. — 2014. — № 2. — С. 33-43.

Матеріали конференцій

7. Мельник В.И. Физическое моделирование посева пропашных культур / В.И. Мельник, *Аль-Фтиххат Муосаб Абдалвахид Мохаммед* // XVI международная научно-производственная конференция «Инновационные пути развития АПК на современном этапе»: Материалы конференции / Белгород: Издательство БелГСХА им. В.Я. Горина, 2012. — С. 165.

8. Мельник В. И. Моделирование посева пропашных культур методом Монте-Карло / В. И. Мельник, *Аль-Фтиххат Муосаб Абдалвахид Мохаммед* // Матеріали навчально-практичної конференції викладачів, аспірантів та студентів СНАУ (15-19 квітня 2013 р.) — Суми, 2013. — Т. 3. — С. 143.
9. Аль-Фтиххат Муосаб Абдалвахид Мохаммед. Комбинированная посевная машина / *Аль-Фтиххат Муосаб Абдалвахид Мохаммед*, В. И. Мельник // Матеріали ІХ-ї Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми конструювання та експлуатації сільськогосподарської техніки» КНТУ (7-8 листопада 2013 р.). — Кіровоград, 2013. — С. 24.
10. Мельник В. И. Методика обработки экспериментальных данных при изучении динамики сошника / В. И. Мельник, Р. В. Антощенко, *Аль-Фтиххат Муосаб Абдалвахид Мохаммед* // Матеріали Международной научно-практической конференции «Современные проблемы освоения новой техники, технологий, организации технического сервиса в АПК» БГАУ (4-6 июня 2014 г.). — Минск, 2014. Ч. II. — С. 75-80.

АНОТАЦІЇ

Аль-Фтіххат Муосаб Абдалвахід Мохаммед. Обґрунтування параметрів процесу і комбінованого робочого органу для післяпосівного стрічкового внутрішньогрунтового внесення гербіцидів. — На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.11 — машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва. — Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка, Харків, 2015.

У дисертації вирішене наукове завдання підвищення ефективності екологічно щадних технологічних прийомів застосування гербіцидів шляхом комбінування операцій при обробітку пропашних культур. Розроблена конструкція комбінованого сошника, яка дозволяє реалізувати післяпосівне внутрішньогрунтове стрічкове внесення гербіцидів та обґрунтовано два варіанти агрегування переобладнаної сівалки. Поєднання в одному устрої сошника і робочого органу для стрічкового внесення гербіцидів окрім збільшення ефективності їх застосування може спричинити до погіршення якісних показників виконання основної операції — посіву. У теоретичні частині роботи вдосконалена математична модель посіву та методи оцінки динаміки комбінованого сошника. Шляхом використання зазначених моделей виконана порівняльна оцінка якісних показників роботи розроблених варіантів конструкції комбінованого сошника. Застосування розробленої технології і технічних засобів дозволяє зменшити витрату гербіцидів в понад 3 рази. Розроблені технічні засоби впроваджені у виробництво в ПАТ «Галесина, машзавод» і ПАТ «Червона зірка».

Ключові слова: комбінований сошник, стрічкове внесення гербіциду, математична модель посіву, динаміка, лінія рядка.

Аль-Фтиххат Муосаб Абдалвахид Мохаммед. Обоснование параметров процесса и комбинированного рабочего органа для послепосевного ленточного внутривспашного внесения гербицидов. — На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.05.11 — машины и средства механизации сельскохозяйственного производства. — Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени Петра Василенко, Харьков, 2015.

В диссертации решена научная задача повышения эффективности экологически щадящих технологических приемов применения гербицидов путем комбинирования операций при возделывании пропашных культур. Разработана конструкция комбинированного сошника, которая позволяет реализовать предложенную технологию послепосевного внутривспашного ленточного внесения гербицидов. Предложено и обосновано два варианта агрегатирования переоборудованной сеялки. Первый — на основе интегрального трактора, у которого сеялка традиционно располагается на задней навесной системе, а емкость для рабочей жидкости — на передней. Второй — на основе трактора классической компоновки, сеялки, расположенной на задней навесной системе и автомобильного прицепа, который располагается сзади сеялки и применяется для размещения емкости опрыскивателя.

Сочетание в одном устройстве сошника и рабочего органа для ленточного внесения гербицидов кроме увеличения эффективности их применения, может привести к ухудшению качественных показателей выполнения основной операции — посева. По этой причине в теоретической части работы большое внимание уделено разработке математических моделей посева и методов оценки динамики комбинированного сошника. Так, для принятия решений по обоснованию параметров технологического процесса послепосевного ленточного внутривспашного внесения гербицидов совместно с посевом впервые разработана трехмерная имитационная вероятностная модель посева пропашных культур, предполагающая представление о линии рядка посевов в виде конечных тригонометрических рядов и учитывающая вероятностные процессы пропусков, высева двойников, всхожести семян, а также их девиации в трех направлениях. Также впервые разработаны методы моделирования корреляционных связей между глубиной заделки семян пропашных культур комбинированным сошником и положением их по ширине ленты. В развитие теоретических методов прогнозирования урожая обоснованы математические методы вероятностного моделирования взаимосвязи между случайным характером распределения семян по глубине и конечной урожайностью пропашных культур. Теоретическими исследованиями впервые установлено, что стабильность хода сошниковой группы эффективно оценивать, применив метод парциальных ускорений и последующее восстановление линии рядка дифференциальным или интегральным методом. Также впервые показано, что для восстановления линии рядка путем применения метода последовательного приближения эффективно использовать координаты расположения семян, давших всходы.

Путем использования указанных моделей выполнена сравнительная оценка качественных показателей работы разработанных вариантов конструкции комбинированного сошника. Многообразие испытываемых конструкций предполагало варианты по ширине захвата стрелчатого удлинителя полоза сошника 200, 255 и

290 мм, а также отсутствие или наличие и, в последнем случае, особенности реализации конструкции загортачей, которые располагались на нижних поверхностях лемехов стрельчатых удлинителей. Загортачи обеспечивали укрытие почвой ранее высеянных семян, что исключало возможность прямого их контакта с гербицидами, которые распределялись в кинематической тени стрельчатого удлинителя путем нанесения на дно борозды.

Применение разработанной технологии и технических средств позволяет уменьшить расход внесенных гербицидов более чем в 3 раза. В сравнении со сплошным внесением под предпосевную культивацию разработанная технология и технические средства для послепосевного внутрпочвенного ленточного внесения гербицидов комбинированным сошником обеспечило рост эффективности гербицидного действия на 28%.

Годовой экономический эффект от внедрения предлагаемой технологии возделывания кукурузы на зерно на площади 1 тыс.га составляет 145,52 тыс. грн., а срок окупаемости дополнительных капиталовложений — 1,47 года. Годовой экономический эффект от внедрения разработанных технических средств в серийное производство в ОАО «Галещина, машзавод» составляет 162,3 тыс. грн., а в ОАО «Красная звезда» — 194,8 тыс. грн..

Ключевые слова: комбинированный сошник, ленточное внесение гербицида, математическая модель посева, динамика, линия ряда.

Al-Ftiहत Muosab Abdalwahid Mohammed. Justification of the parameters of combined working body for band injection herbicides intra-soil at the time of seeding process.

Dissertation for the candidate of technical sciences degree. Speciality 05.05.11 – machinery and mechanisation of agricultural production. – Kharkiv Petro Vasylenko Technical Institute of Agriculture, Kharkiv, 2015.

The dissertation research addressed to improve the efficiency of environmentally benign processing methods of application of herbicides by combining operations in planting of row crops. The design of the combined opener allows for injection banded herbicide intra-soil, with two options of aggregation of converted drills suggested. The combination in a single device of the opener and working body for the band application of herbicides, apart from increasing the efficiency of their use, can lead to deterioration of quality indicators of the primary operation – seeding.

For this reason, in the theoretical part of the work mathematical model of planting was improved alongside methods of assessing the dynamics of the combined opener. By using these models the researcher performed a comparative evaluation of the quality performance of the available combined opener design options. Application of the technology and equipment allows to reduce the consumption of herbicides more than 3 times. Designed hardware were put into production at Galeshchina, mashzavod JSC and Chervona Zirka JSC.

Keywords: combined opener, band application of herbicides, a mathematical model of seeding, dynamics, line row.

Підписано до друку 16.09.2015. Формат паперу 60x84, 1/16.
Папір офсетний. Гарнітура «Times New Roman». Друк ризографічний.
Обл. – вид. арк. 0,9. Наклад 100 прим. Замов. №147-10.

Навчально-методичний відділ Харківського національного технічного
університету свільського господарства імені Петра Василенка,
61002, г. Харків, вул. Артема, 44, кім. 101.