МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

ГАЙДАЙ ТЕТЯНА ВІКТОРІВНА

УДК 631.331

ОБҐРУНТУВАННЯ І ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ТА РОБОЧИХ ОРГАНІВ АГРЕГАТА ДЛЯ СІВБИ СИДЕРАЛЬНИХ КУЛЬТУР

05.05.11 «Машини і засоби механізації
сільськогосподарського виробництва»

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ – 2019

Дисертацією є рукопис

Роботу виконано в Державній науковій установі «Український науково-дослідний інститут прогнозування та випробування техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва імені Леоніда Погорілого» Міністерства розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України

Науковий керівник доктор технічних наук, професор,
член-кореспондент НААН
Кравчук Володимир Іванович,
Державна наукова установа
«Український науково-дослідний інститут
прогнозування та випробування техніки
і технологій для сільськогосподарського
виробництва імені Леоніда Погорілого»,
директор

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Аніскевич Леонід Володимирович,
Національний університет біоресурсів
і природокористування України,
професор кафедри сільськогосподарських машин
та системотехніки імені академіка П. М. Василенка

кандидат технічних наук, доцент
Волоха Микола Петрович,
Інститут біоенергетичних культур
і цукрових буряків НААН,
старший науковий співробітник лабораторії
агроекомоніторингу і проблем землеробства

Захист відбудеться «19» грудня 2019 року о 14^{00} годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.004.06 у Національному університеті біоресурсів і природокористування України за адресою: 03041, м. Київ, вул. Героїв Оборони, 15, навчальний корпус № 3, кімната 301

З дисертацією можна ознайомитися у науковій бібліотеці Національного університету біоресурсів і природокористування України за адресою: 03041, м. Київ, вул. Героїв Оборони, 13, навчальний корпус № 4, кімната 41а

Автореферат розіслано «18» листопада 2019 року

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради І. Л. Роговський

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. В умовах функціонування сучасного агропромислового виробництва України спостерігається різке зниження (до 30 % від нормативної потреби) використання органічних добрив.

Залишається актуальним питання забезпечення ґрунту поживними речовинами на основі альтернативних та доступних джерел. Одним із таких джерел, як показує світовий досвід зарубіжних країн (США, Канади, Німеччини, Бразилії та ін.) і вітчизняних виробників продукції рослинництва, є застосування сидератів, переважно гірчиці, ріпаку, фацелії, які відносяться до дрібнонасіннєвих культур. Згідно з наявними дослідженнями, 1 т зеленої маси еквівалентна 0,5–0,7 т перегною.

Вітчизняні машинобудівники та підприємства провідних країн світу для сівби сидератів пропонують технічне забезпечення, яке постійно розвивається і вдосконалюється. Ефективними знаряддями такого напряму є модульні ґрунтообробно-посівні агрегати, які забезпечують сівбу сидеральних культур одночасно з обробітком ґрунту.

В Україні налагоджено виробництво власних ґрунтообробних агрегатів, які можуть бути використані в складі ґрунтообробно-посівних модулів. Відкритим залишається питання наявності висівного модуля. Зважаючи на це, необхідно провести порівняльну оцінку наявних на ринку висівних модулів для їх удосконалення, зокрема, конструкційних параметрів розсіювачів та адаптувати до ґрунтообробного модуля режими роботи двох окремих знарядь.

Зв’язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Роботу виконано в Державній науковій установі «Український науково-дослідний інститут прогнозування та випробування техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва імені Леоніда Погорілого» відповідно до науково-дослідної роботи «Обґрунтування технологічного процесу та параметрів роботи комбінованого агрегата для сівби дрібнонасіннєвих культур» (номер державної реєстрації 0112U003405).

Мета та завдання дослідження. Мета дисертаційного дослідження – підвищення ефективності техніко-технологічного процесу сівби сидеральних культур шляхом вдосконалення конструкційних параметрів тарілчастого розсіювача та поєднанням технологічних операцій комбінованого ґрунтообробно-посівного агрегата.

Для досягнення мети передбачалося виконання таких завдань:

– провести аналіз стану техніко-технологічних рішень та визначити концепцію і розробити системо-аналогову модель комбінованого ґрунтообробно-посівного агрегата з тарілчастим розсіювачем для висіву сидеральних культур;

– встановити аналітичні залежності динаміки технологічного процесу комбінованого ґрунтообробно-посівного агрегата і обґрунтувати конструкційні параметри тарілчастого розсіювача за показниками технологічності (швидкість агрегата, норма висіву) та якості (швидкість повітронасіннєвої суміші, кут розкриття розсіювача і висота його установки на агрегаті);

– розробити принципи синергетичного синтезу показників технологічності та якості комбінованого ґрунтообробно-посівного агрегата;

– розробити методики і провести лабораторні та польові дослідження комбінованого ґрунтообробно-посівного агрегата з експериментальним зразком тарілчастого розсіювача для сівби дрібнонасіннєвих сидеральних культур;

– провести виробничу апробацію та визначити економічну ефективність застосування досліджуваного агрегата.

Об'єкт дослідження – технологічний процес висіву сидеральних культур робочими органами комбінованих ґрунтообробно-посівних агрегатів та реалізації принципу синергетичного синтезу показників технологічності та якості.

Предмет дослідження – взаємозв'язок технологічно-конструктивних параметрів комбінованого ґрунтообробно-посівного агрегата і тарілчастого розсіювача з якістю висіву сидеральних культур.

Методи дослідження. Загальна методика досліджень передбачає розроблення теоретичних передумов, їх експериментальну перевірку у лабораторних і польових умовах та економічне оцінювання результатів дослідження. Теоретичні дослідження виконано з використанням положень, законів і методів класичної механіки, математики та статистики. Експериментальні дослідження виконано у лабораторних і польових умовах на основі загальноприйнятих та авторських методик. Розрахунки та оброблення результатів експериментальних досліджень виконано з використанням методів статистики та відповідних програмних продуктів (Microsoft Excel, StatSoft/Statistica 6).

Наукова новизна одержаних результатів. Вперше визначено концепцію удосконалення технології та розроблено системо-аналогову модель функціонування технологічного процесу комбінованого ґрунтообробно-посівного агрегата.

Дістала подальшого розвитку систематизація теоретичних основ взаємозв'язку динаміки технологічного процесу комбінованого ґрунтообробно-посівного агрегата за показниками технологічності і якості та одержано аналітичні залежності розподілу насіння на поверхні ґрунту за різних кутів β розкриття тарілчастих розсіювачів та висоти установки розсіювачів $H_Д$, дисперсії розсіву $Д$ від швидкості повітронасіннєвої суміші $V_{пн}$ та кута розкриття β та щільності розподілу насіння $f(x,y)$ на площі S_{ri}, враховуючи математичне очікування $m_{x,y}$ та середньоквадратичне відхилення $\sigma_{x,y}$.

Вперше розроблено принципи синергетичного синтезу показників технологічності та якості технологічного процесу з використанням інформаційно-керівного засобу та обґрунтовано конструкційні параметри тарілчастого розсіювача і компонувальну схему його установки на комбінованому ґрунтообробно-посівному агрегаті.

Удосконалено методику визначення показників блоків технологічності та якості, а також алгоритму їх взаємодії під час роботи комбінованого ґрунтообробно-посівного агрегата з тарілчастими розсіювачами.

Практичне значення одержаних результатів. Удосконалено технологію сівби сидеральних культур комбінованим ґрунтообробно-посівним агрегатом (дискова борона + висівний модуль) із застосуванням тарілчастих розсіювачів, що дає підвищення продуктивності та рівномірність розподілу.

Розроблено моделі: системо-аналогову – функціонування технологічного процесу; математичну – динаміки процесу комбінованого ґрунтообробно-посівного агрегата для моделювання їхнього типового ряду.

Визначено параметри тарілчастого розсіювача, який забезпечує рівномірний розподіл насіння дрібнонасіннєвих культур на площі засіву. Проведено систематизацію баз знань і даних для розроблення типорозмірних комбінованих ґрунтообробно-посівних агрегатів.

Порівняльна оцінка техніко-технологічних рішень сівби сидеральних культур за традиційною та досліджуваною технологіями вказує на доцільність розроблення комбінованих ґрунтообробно-посівних агрегатів та планування у машиновикористанні сільськогосподарськими підприємствами.

Дослідження впроваджені на ТОВ «Велес-Агро ЛТД» та ТОВ «Краснянське СП «Агромаш» і показали, що річний економічний ефект складає 288,49 грн/га, термін окупності розробок 1,2 року.

Особистий внесок здобувача. Основні результати роботи теоретичних та експериментальних досліджень дисертації отримано здобувачем самостійно. З наукових праць, опублікованих у співавторстві, використано лише ті положення, які належать особисто здобувачу.

Апробація результатів дисертації. Результати досліджень за темою дисертації обговорено на: XVI Міжнародній науковій конференції, присвяченій пам’яті академіка Л. В. Погорілого «Науково-технічні засади розробки, випробування та прогнозування сільськогосподарської техніки і технологій» (смт Дослідницьке, 2015 р.); XIV Міжнародній науково-технічній конференції «Технічний прогрес у сільськогосподарському виробництві» (смт Глеваха, 2016 р.); XVII Міжнародній науковій конференції, присвяченій пам’яті академіка Л. В. Погорілого «Науково-технічні засади розробки, випробування та прогнозування сільськогосподарської техніки і технологій» (смт Дослідницьке, 2016 р.); XVIII Міжнародній науковій конференції, присвяченій пам’яті академіка Л. В. Погорілого «Науково-технічні засади розробки, випробування та прогнозування сільськогосподарської техніки і технологій» (смт Дослідницьке, 2017 р.); Міжнародній науково-технічній конференції «Науково-технічний прогрес в сільськогосподарському виробництві» (м. Мінськ, Республіка Білорусь, 2017 р.); III Міжнародному форумі агропромислового інжинірингу (смт Дослідницьке, 2018 р.).

Публікації. За результатами досліджень дисертації опубліковано 15 наукових праць, з яких 5 статей у науковому фаховому виданні України, 2 статті у науковому фаховому виданні України, включеному до міжнародних наукометричних баз даних, 3 статті у науковому виданні України, 3 патенти України на корисну модель, 3 тези наукових доповідей.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається з анотацій, вступу, п’яти розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків.

Загальний обсяг дисертації становить 207 сторінок. Дисертація містить 38 таблиць та 14 рисунків. Список використаних джерел налічує 154 найменування.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У першому розділі **«Стан питання та завдання досліджень»** проаналізовано роль сидеральних культур у системі землеробства України. Проведено аналіз відомих конструктивних рішень і сучасного стану та наукових досліджень технологічного процесу висіву сидеральних культур.

В Україні налічується близько 46 тис. малих та середніх господарств з розмірами угідь до 2000 га, для яких актуальним є застосування зелених добрив. Поширеними технологіями сівби сидеральних культур є: традиційна, яка передбачає дискування, сівбу рядковим способом і коткування різними агрегатами; перспективна – технологічні операції здійснюються комбінованим ґрунтообробно-посівним агрегатом. Останній складається з ґрунтообробного знаряддя та висівного модуля з дозуванням насіння котушковим механізмом, його транспортування та розсів елементами пнемо-ударно-гравітаційної дії з різною конфігурацією розсіювачів. За експертним аналізом наявні розсіювачі не повною мірою забезпечують агровимоги технологічного процесу, зокрема, рівномірність розсіювання.

Проаналізовано конструкційно-компонувальну схему комбінованого ґрунтообробно-посівного агрегата модульного типу для сівби дрібнонасіннєвих культур, який складається з силового агрегата з датчиком швидкості; ґрунтообробних секцій сферичних дисків; висівного модуля котушкового типу; повітронагнітача, насіннєпроводів, тарілчастих розсіювачів, котка та інформаційно-керівного засобу для управління технологічним процесом висіву.

Відомі наукові дослідження відображають лише окремі елементи проаналізованого техніко-технологічного рішення. Приміром, побудовою моделі руху машинно-тракторних агрегатів займалися вчені А. М. Ємельянов, П. М. Василенко, В. П. Василенко, В. В. Гуськов, А. Т. Лебедєв, В. Т. Надикто; роботу висівного апарата котушкового типу вивчали Л. В. Погорілий, П. В. Сисолін, А. І. Бойко, М. О. Свірень, Г. М. Бузенков, С. А. Ма; рух агрегата за нормою висіву в системі точного землеробства досліджував Л. В. Аніскевич; динаміку руху насіння в насіннєпроводі досліджували В. Ю. Молофеев, В. Б. Бойко, Г. М. Бузенков; процес розсіювання насіння після удару в умовах підґрунтово-розкидної сівби зернових культур досліджували Г. М. Бузенков, Ю. К. Брандт, М. О. Свірень, Ю. Ф. Павельчук; удар насіння об ґрунт та його розподіл досліджували В. І. Александров та М. П. Волоха; автоматизацію управління складними об’єктами в умовах ризиків, жорстких обмежень складових ресурсів, нечіткості та стохастичності даних вимірювань започатковано у працях вчених В. М. Глушкова, М. П. Бусленка, М. З. Згуровського, О. А. Павлова, В. Д. Романенка, І. Б. Сіроджі, R. E. Shannon, F. Garcia-Diaz, E. H. Mamani, A. Prisken, D. A. Waterman, L. A. Zadeh та ін.

Проте дослідження техніко-технологічних рішень комбінованого ґрунтообробно-посівного агрегата з тарілчастими розсіювачами та процесів синергетичного синтезу показників технологічності та якості з управлінням інформаційно-керівним засобом потребує подальших вивчень.

У другому розділі **«Теоретичні дослідження функціонування комбінованого ґрунтообробно-посівного агрегата для сівби сидеральних культур»** визначено концепцію і системо-аналогову модель функціонування двох блоків технологічності та якості комбінованого ґрунтообробно-посівного агрегата (рис. 1).

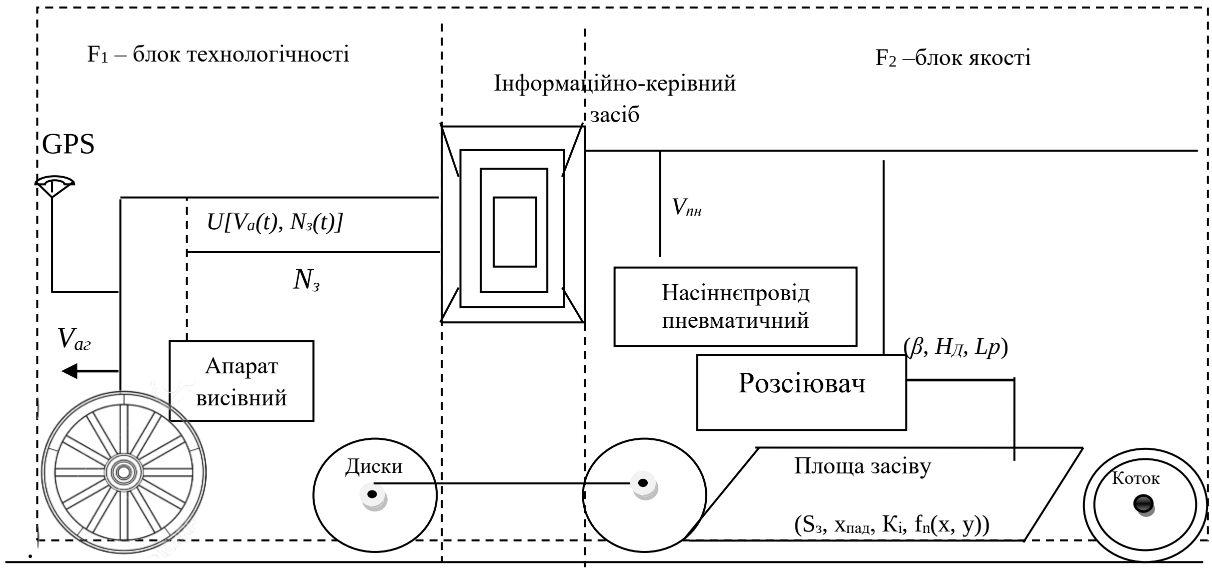

Рис. 1. Системо-аналогова модель комбінованого ґрунтообробно-посівного агрегата для сівби сидеральних культур з поєднанням блоків технологічності та якості

Блок технологічності (F_1) забезпечує стабільність технології – досягнення встановленої норми висіву насіння $N_з$ залежно від швидкості руху агрегата $V_{аг}$.

Блок якості (F_2) – рівномірність розсіву насіння на оброблюваній площі S залежить від параметрів: швидкості агрегата $V_{аг}$, норми висіву $N_з$, швидкості транспортування насіння $V_{пн}$ у пневматичному насіннєпроводі, параметрів тарілчастого розсіювача (кут розкриття пластини – β та установки його по висоті $H_Д$ і ширині L_p агрегата). Управління технологічним процесом блоків F_1 і F_2 здійснюється інформаційно-керівним засобом.

Модель динаміки руху комбінованого ґрунтообробно-посівного агрегата в складі трактора (з колісною формулою 4К2) і посівного агрегата адаптовано до умов криволінійного руху (за аналогією досліджень А. М. Ємельянова), що дає змогу розрахувати напрям сили тяги до основної осі руху β, швидкість $V_{аг}$ його центра мас в координатах x, y:

$$V_{\text{аг}} = \sqrt{(x \cdot cos\beta)_t'^{\,2} + (y \cdot sin\beta)_t'^{\,2}}, \tag{1}$$

за розрахунками відповідно до виразу (1) рівна $V_{\text{аг}}$=2,2 м/с.

Динамічні параметри висівного апарата котушкового типу, які включають кутову швидкість висівної котушки ω_{ri} на кожній i-й ділянці, характеризуються виразом (2) (за параметрами дослідженими в роботах Л. В. Погорілого, П. В. Сисоліна, Л. В. Аніскевича):

$$\omega_{r_i} = H_{з_i}/(q_0 \cdot T_i), \tag{2}$$

де $H_{зi}$ – поточні витрати посівного матеріалу за визначеною нормою висіву, необхідна для i-ї ділянки, г; q_0 – кількість насіння, яку виштовхує котушка з насіннєвого бункера за один оберт, г/об; T_i – час для технологічної обробки ділянки поля площею ΔS_i, c. Кутова швидкість на кожній i-й дільниці для висіваючої котушки відповідно до формули (2) ω_{ri}=350 об./хв.

Розподіл насіння в поперечному перерізі насіннєпровода на виході з урахуванням спрощення нелінійних механізмів енергообмінів, які доповнюють повноту інтерпретації фізичного процесу, але не мають істотного впливу на його динаміку описується виразом (3) (за аналогією з дослідженнями В. Ю. Малофеєва):

$$f(x,y) = \frac{1}{\pi R^2} \cdot e^{-\frac{3 \cdot x \cdot tg\varphi}{\alpha \cdot z_0}}, \tag{3}$$

де R – радіус трубки насіннєпроводу, м; α – коефіцієнт, який враховує втрати енергії під час зіткнень; z_0 – висота падіння насінин на тарілчастий розсіювач з моменту входу в насіннєпровід, м; φ – кут нахилу трубки насіннєпровода, град.

У дослідженні конструкційних параметрів тарілчастого розсіювача прийнято умови: незмінні параметри – діаметр розсіювача (d) та кут установки розсіювача (φ); змінні – швидкість повітронасіннєвої суміші ($V_{пн}$), кут розкриття розсіювача (β) і висота його установки на агрегаті ($H_Д$) (рис. 2).

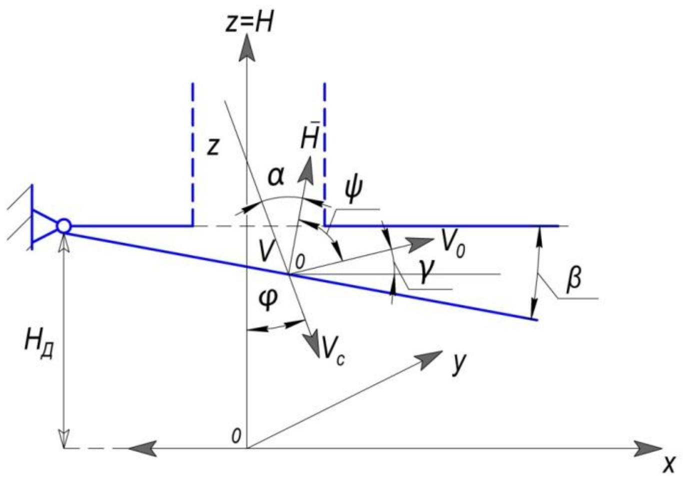

Рис. 2. Розрахункова схема зміни руху насіння в тарілчастому розсіювачі

Ділянка розсіювання під час руху ґрунтообробно-посівного агрегата характеризується відстанню відскоку насіння $x_{пад}$ після падіння на нижню пластину розсіювача (дальністю польоту):

$$x_{\text{пад}} = \frac{V_0 \cdot cos\gamma \cdot \left(V_0 \cdot sin\gamma + \sqrt{{V_0}^2 \cdot sin^2\gamma + 2 \cdot g \cdot \mathrm{H_Д}} \right)}{g}, \tag{4}$$

де швидкість насіння, яку воно набуло після удару об нижню пластину розсіювача V_0, м/с:

$$V_0 = \frac{k \cdot V_c \cdot \cos\alpha}{\cos\psi}; \tag{5}$$

– швидкість насіння, яке падає на тарілку з насіннєпроводу за умови вільного пересування (нехтуючи тертям насіння об стінки насіннєпроводу) V_c, м/с

$$V_c = \sqrt{V_{\text{пн}}^2 \cdot \cos^2\varphi + 2 \cdot g \cdot H_{\text{вн}}}; \tag{6}$$

– кут γ між вектором початкової швидкості $\overline{V}_0$ і віссю Ox, град

$$\gamma = {}^{\pi}/_{2} - (\beta_\theta + \psi); \tag{7}$$

– кут відбиття ψ (між вектором швидкості $\overline{V}_0$ і нормаллю до пластини в точці падіння на неї насіння), град

$$\psi = arctg\left(\frac{1}{k} \cdot tg(\beta_\theta + \varphi)\right); \tag{8}$$

– кут падіння α, град

$$\alpha = \beta_\theta + \varphi; \tag{9}$$

– кут виходу насіння із насіннєпроводу φ, град,

– кут нахилу нижньої пластини розсіювача β_θ відносно горизонтальної площини для цих насінин

$$\beta_\theta = arctg(cos\,\theta \cdot tg\beta); \tag{10}$$

– кут відскоку насінин θ в горизонтальній площині xOy відносно напрямку руху машинно-тракторних агрегату, град, коефіцієнт відновлення k (втрати механічної енергії насіння під час удару), висота установки розсіювача над поверхнею ґрунту $H_Д$, м, початкова швидкості повітронасіннєвої суміші, задана повітронагнітачем $V_{пн}$, м/с, кут нахилу тарілчастої пластини до поверхні землі β; град, швидкість руху посівного машинно-тракторних агрегату $V_{аг}$ м/с.

Дальності польоту отримали із врахуванням складових, відповідно до виразів (5)–(10) та отримали дані: швидкість повітронасіннєвої суміші на виході з насіннєпроводу при початковій швидкості V_c=12,4 м/с; початковій швидкості відбитих від пластини розсіювання насінин V_0=2,27–3,72 м/с; висоті установки розсіювача на агрегаті $H_Д$=0,44–0,64 м; коефіцієнті відновлення k=0,17; кутах відбиття насіння ψ=22,29°–58,63°; кутах падіння α=0,6°–39,4°; кутах між вектором початкової швидкості $\overline{V}_0$ і віссю Ox, паралельній поверхні ґрунту γ=15,8°–76,4°; кутах відскоку насіння в боки від нижньої пластини розсіювача θ=0°–180°; кутах нахилу пластини розсіювача відносно горизонтальної площини для даних насінин β_θ=0,6°–17°.

Визначення дальності польоту насіння дає можливість визначити зону розсіювання та відповідно площу засіву, на якій у подальшому можливо розрахувати щільність розподілу.

Щільність розподілу насіння на поверхні ґрунту приймаємо близьку до щільності нормального розподілу за законом Гаусса і у цьому досліджені отримали вираз:

$$f_n(x,y) = f_{nx}(x)\cdot f_{ny}(y) = \frac{1}{\sigma_x\sqrt{2\pi}} ex\,p\left(-\frac{(x-m_x)^2}{2\sigma_x^2}\right)\cdot\frac{1}{\sigma_y\sqrt{2\pi}} ex\,p\left(-\frac{\left(y-m_y\right)^2}{2\sigma_y^2}\right) = \frac{1}{2\pi\sigma_x\sigma_y} ex\,p\left(-\left(\frac{(x-m_x)^2}{2\sigma_x^2}+\frac{\left(y-m_y\right)^2}{2\sigma_y^2}\right)\right), \quad (11)$$

де m_x, m_y – математичне очікування та σ_x, σ_y – середні квадратичні відхилення нормально розподілених випадкових величин в координатах x, y.

Кількість насіння ($К_{ni}$), яке потрапило на елементарну ділянку S_{ri} в координатах x, y за нормального розподілу, визначається:

$$К_{ni} = К\cdot\frac{1}{2\pi\sigma_x\sigma_y}\iint_{S_{r_i}} ex\,p\left(-\left(\frac{(x-\widehat{m}_x)^2}{2\sigma_x^2}+\frac{\left(y-\widehat{m}_y\right)^2}{2\sigma_y^2}\right)\right)dxdy, \quad (12)$$

де K – кількість насіння за встановленою нормою висіву, шт./м^2.

Взаємодія функціональних блоків технологічності F_1 та якості висіву F_2 досягається реалізацією процедури мінімізації (рис. 3).

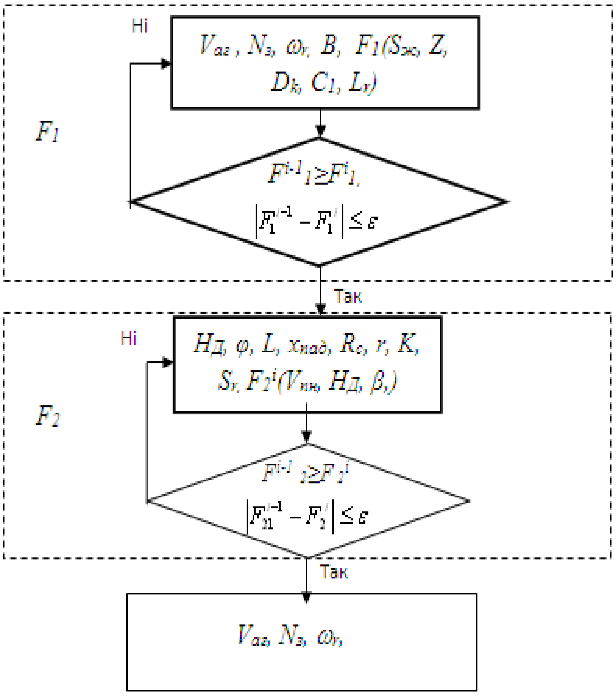

Рис. 3. Схема взаємодії функціональних блоків технологічності (F_1) та якості висіву (F_2)

Мінімізація блоку технологічності F_1 $(V_{аг}$, $N_з)$ – суми квадратів відхилення реально витраченого посівного матеріалу за час від початку процесу до поточного часу T за всіма $i=1,2,3\ldots$ елементарними часовими кроками від необхідних витрат посівного матеріалу $\Delta H_{з_i}$, розрахованих, виходячи із заданої норми висіву $N_з$:

$$F_1 = \sum_i B^2\cdot V_{аг_i}^2\cdot{\Delta T_i}^2\cdot[N_{r_i} - N_з]^2 = \sum_i {\Delta S_i}^2\cdot[N_{r_i} - N_з]^2. \quad (13)$$

де N_r – кількість насіннєвого матеріалу, максимально наближена до заданої норми, шт./м^2; $N_з$ – задана норма, шт./м^2; S_{ri} – площа i-ї ділянки, м^2.

Мінімізація блоку якості F₂ ($V_{пн}$, $H_Д$, β) – сума квадратів різниці між кількістю насіння, яке потрапило на ділянки S_{ri}, для нормальної і рівномірної щільності розподілу на всіх M_i ділянках:

$$F_2 = \sum_{i=1}^{M}[K_{ri} - K_{ni}]^2 = K^2 \cdot \sum_{i=1}^{M} \iint_{S_{ri}} \left[\frac{1}{S_r} - \frac{1}{2\pi\sigma_x\sigma_y} exp\left(-\left(\frac{(x-\hat{m}_x)^2}{2\sigma_x^2} + \frac{(y-\hat{m}_y)^2}{2\sigma_y^2}\right)\right)\right]^2 dxdy). \qquad (14)$$

Управління процесами з використанням інформаційно-керівного засобу здійснюється відповідно до схеми (рис. 4) з адаптованою програмою, написаною в середовищі TurboDelphi і перевіреною в лабораторних і польових дослідженнях.

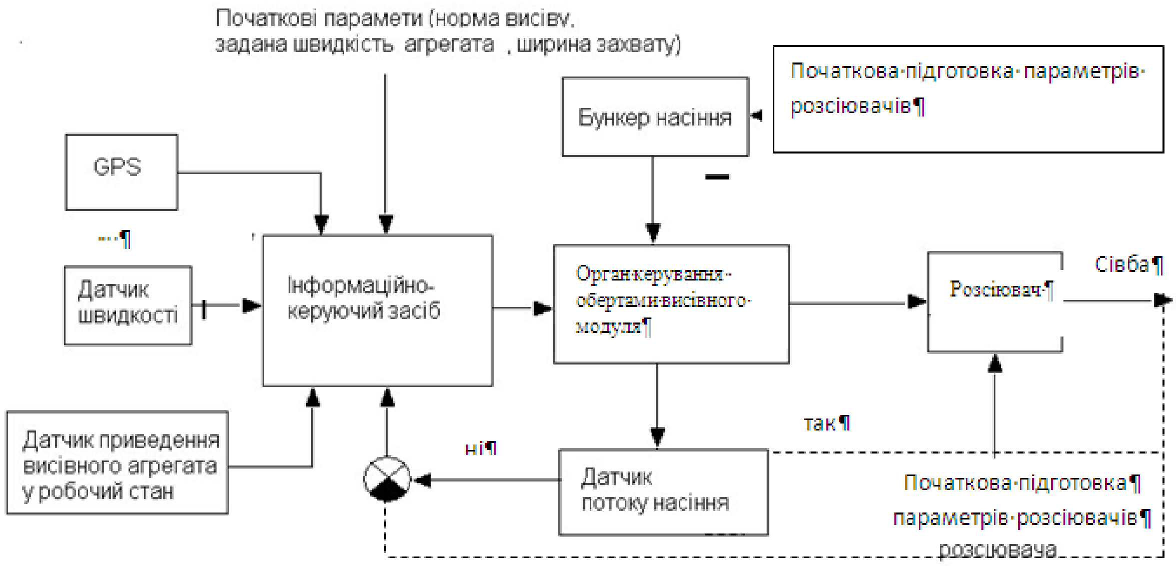

Рис. 4. Схема управління технологічними процесами в лабораторних і польових дослідженнях

У третьому розділі **«Програма і методика експериментальних досліджень»** наведено програму та розроблену і вдосконалену методику проведення експериментальних лабораторних та польових досліджень.

Програмою досліджень передбачено:

– розроблення схеми та обґрунтування параметрів елементів (комплектувальних) ґрунтообробно-посівного агрегата щодо можливості їх застосування і регулювання для забезпечення якості висіву сидеральних дрібнонасіннєвих культур;

– вибір параметрів складових блоку якості та рівнів їх квантування;

– визначення граничних та раціональних значень параметрів (швидкості повітронасіннєвої суміші $V_{пн}$, кута розкриття пластини розсіювача β та установки його по висоті $H_Д$ агрегата) блоку якості висіву;

– порівняльне оцінювання розрахункових та експериментальних показників комбінованого ґрунтообробно-посівного агрегата за критеріями норми і рівномірності розсіювання сидеральних дрібнонасіннєвих культур;

– проведення польових досліджень для перевірки результатів експериментальних і розрахункових даних та оцінки економічної ефективності;

– порівняльна оцінка традиційної та запропонованої технологій.

Розроблено методики визначення та оцінювання параметрів: блоку технологічності, що базується на застосуванні методу покоординатного спуску для отримання оптимальних параметрів швидкості агрегата і параметрів котушки, від яких залежить норма висіву; блоку якості висіву, що передбачає мінімізацію функціоналу для оптимізації параметрів: швидкості повітронасіннєвої суміші, кута розкриття розсіювача та висоти його розміщення. Вдосконалено методику експериментальних та польових досліджень, що передбачає розроблення схеми експериментальної установки, визначення параметрів складників та комплектування установки. Для досліджень параметрів і режимів роботи запропоновано схему експериментальної установки (рис. 5).

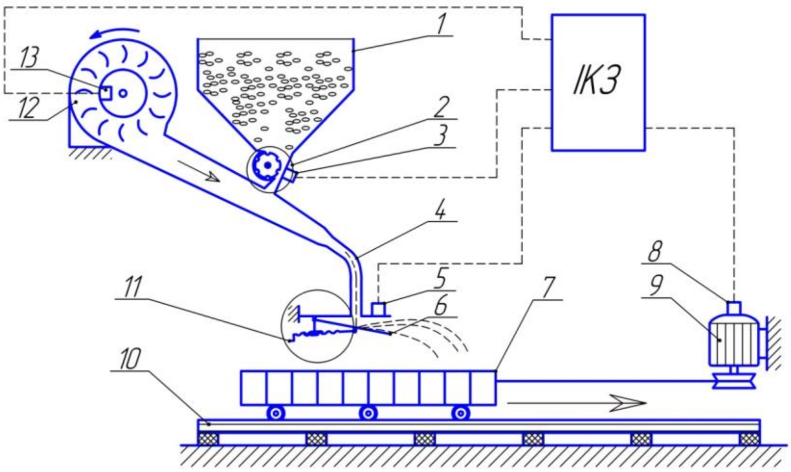

Рис. 5. Конструкційно-функціональна схема експериментальних випробувань: 1 – бункер для насіння; 2 – дозатор (калібрований патрубок); 3 – датчик контролю обертів котушки; 4 – насіннєпровід; 5 – датчик контролю висіву; 6 – тарілчастий розсіювач з регульованим розсіювачем; 7 – лоток; 8 – датчик швидкості установки; 9 – мотор-редуктор; 10 – рейки для переміщення лотка; 11 – регулятор кута розкриття розсіювача (β); 12 – повітронагнітач; 13 – регулятор потоку повітря

Висівний модуль *1* (див. рис. 5) приводили в робочий стан за допомогою мотор-редуктора *9*, дослідний лоток *7* (2×0,3 м) встановили на рейкову конструкцію *10* для імітації руху агрегата. Варіювали чинниками, які впливають на якість розсіювання насіння: кут розкриття розсіювача β, швидкість повітронасіннєвої суміші V_c та висота розміщення тарілчастого розсіювача $H_Д$. Вимірювання проводилися типовими метрологічними повіреними засобами та приладами. Обробка експериментальних даних проведена із застосуванням методики математичного планування та статистики стосовно визначення щільності розподілу. Оцінювання результатів вимірювань виконано на основі концепції невизначеності, яка характеризує дисперсію значень.

У четвертому розділі **«Результати експериментальних досліджень»** наведено та проаналізовано результати експериментальних лабораторних та польових досліджень.

Лабораторні дослідження із параметрами та режимами роботи насіннєпровода і тарілчастого розсіювача забезпечують отримання статистичних масивів даних розподілу насіння експериментальним розсіювачем по коміркам лотка, за якими побудували відповідні епюри.

Відповідно до аналітичної залежності (4) та розрахункових даних (за раціональними параметрами) одержано регресійну модель (15).

$$x_{пад.} = -0{,}8917 + 0{,}2427\beta - 0{,}0048\,V_{пн} - 0{,}0112\beta^2 + 0{,}0044\beta\,V_{пн} - 0{,}0033\,V_{пн}^{2}. \quad (15)$$

Отримані графіки (рис. 6) характеризують дальність польоту $x_{пад.}$ за швидкості повітронасіннєвої суміші в межах $V_{пн}$=10–14 м/с, висоти $H_Д$=0,44–0,64 м, кута розкриття пластини розсіювача β=5°–17°.

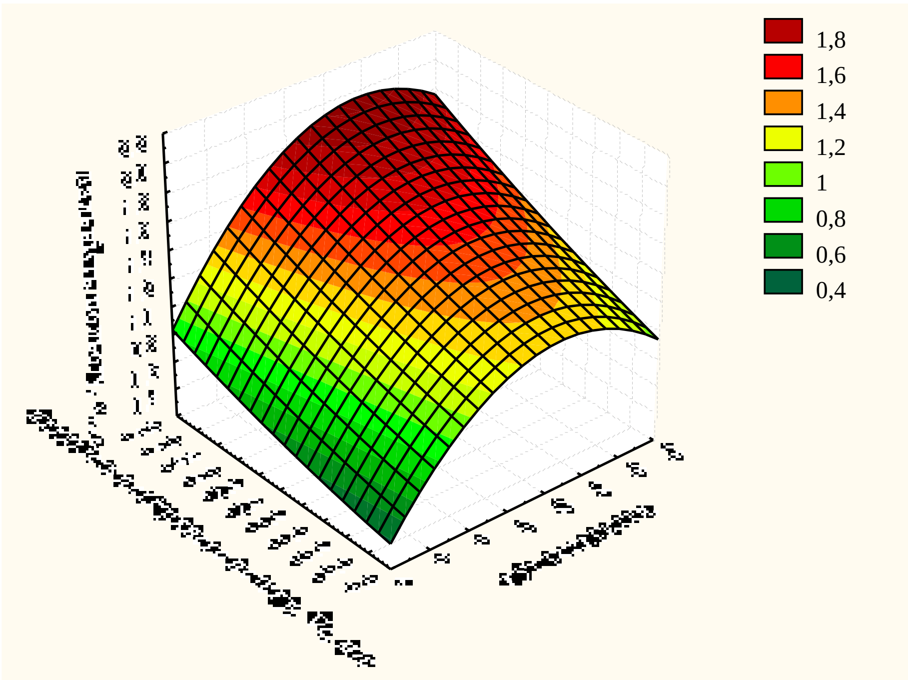

Рис. 6. Залежність дальності польоту $x_{пад.}$ насіння гірчиці від кута β розкриття розсіювача та швидкості $V_{пн}$ повітронасіннєвої суміші за висоти установки розсіювача $H_Д$=0,54 м

При цьому раціональними параметрами є швидкість повітронасіннєвої суміші $V_{пн}$=12 м/с, висота $H_Д$=0,54 м, кут розкриття пластини розсіювача β=5°, які використані для визначення площі розсіювання і щільності розподілу насіння (рис. 7).

Формалізація аналітичних виразів (11), (12) наведена гістограмою щільності розподілу насіння (рис. 8) по ширині захвату з елементарними ділянками площею S_{ri}=0,0025 м^2.

За досліджуваними параметрами швидкості повітряного потоку $V_{ВН}$=12 м/с, висоти установки $H_Д$=0,54 м та кута розкриття β=5° згідно виразу

(14) отримано значення функціоналу F_2=0,076, що характеризує мінімальне відхилення витрати посівного матеріалу від заданої норми.

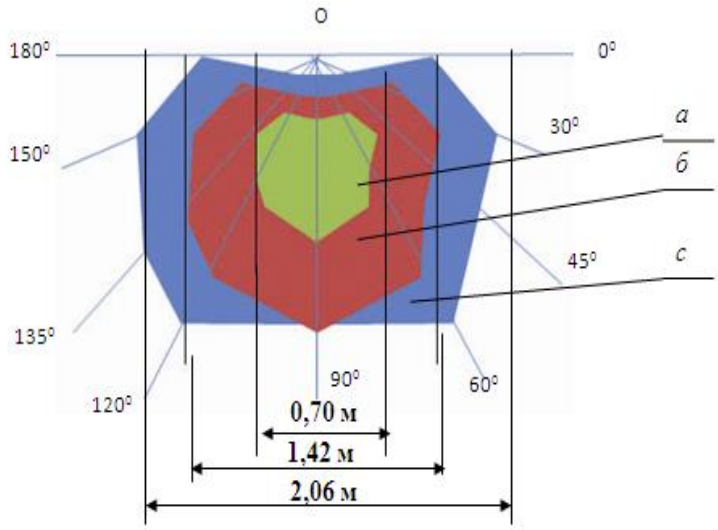

Рис. 7. Схема площини густоти розсіювання насіння одним тарілчастим розсіювачем за висоти його установки $H_Д$=0,54 м, швидкості повітряного потоку $V_{пн}$=12 м/с та кутів розкриття*: а)* β=5°; *б)* β=11°; *с)* β=17°

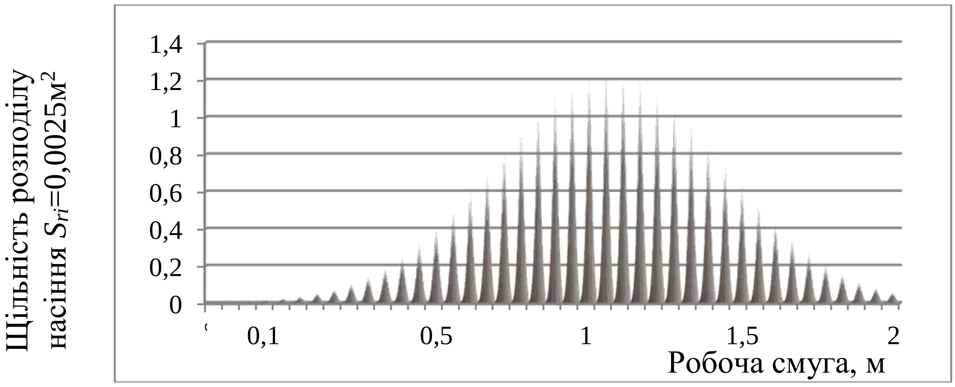

Рис. 8. Гістограма щільності розподілу насіння за $V_{ВН}$=12 м/с, $H_Д$=0,54 м та кута β=5°

Характер і форма епюр, отриманих експериментальними дослідженнями, підтверджують теоретичні дані (рис. 9), що найкращий розподіл насіння в комірках лотка визначається встановленими параметрами: кутом розкриття β=5°, швидкістю повітряного потоку V_c=12 м/с та висотою установки розсіювача $H_Д$=0,54 м.

Наведені закономірності (рис. 9) свідчать, що рівномірність є задовільною за заданою нормою 20 кг/га в зоні *1*, площею 0,12 м^2 і незадовільною в зонах *2*, *3*, кожна площею по 0,1050 м^2. Для забезпечення заданої рівномірності розподілу насіння по всій площі проведено імітаційне моделювання з перекриттям площі засіву за різних варіантів відстані між розсіювачами (рис. 10). Мінімальне значення коефіцієнта варіації ν=49,3 % зафіксоване на 8 кроці зміщення сусідніх епюр, що відповідає відстані між розсіювачами L_p=0,5 м.

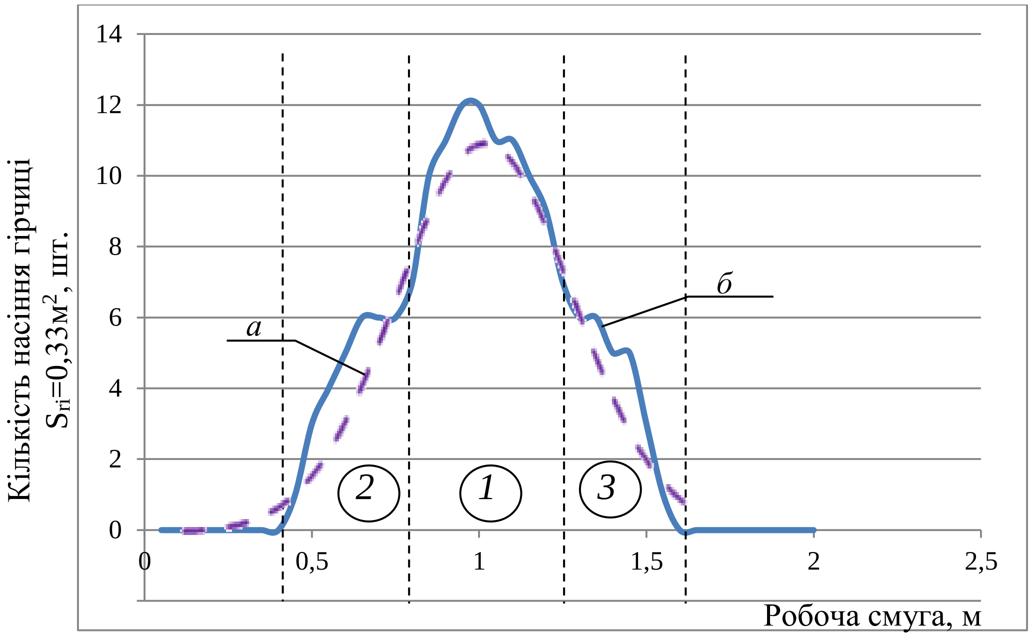

Рис. 9. Оцінки розподілу насіння гірчиці в комірках лотка за теоретичними даними (а) та експериментальними даними (б): 1 – зона засіву за нормою; 2 і 3 – зони часткового засіву

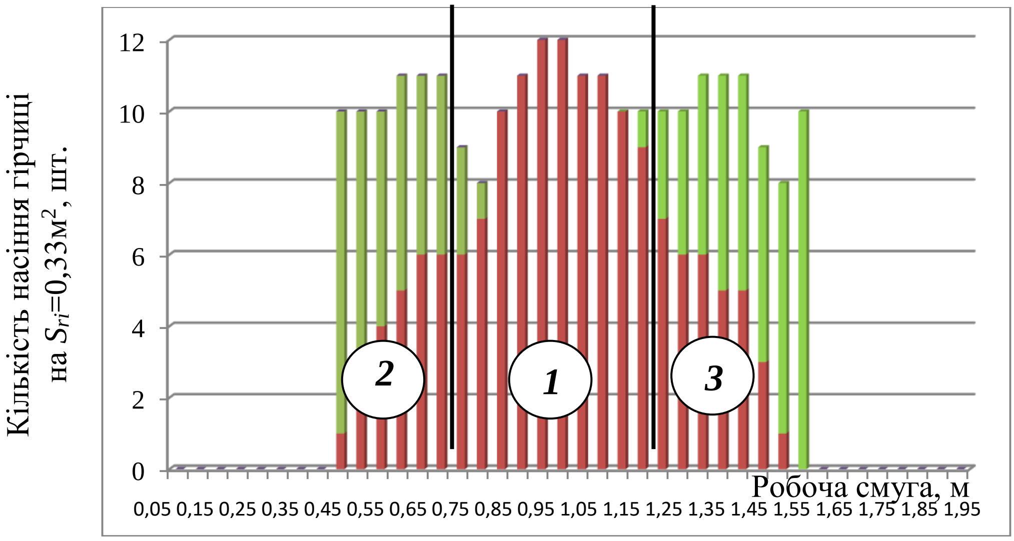

Рис. 10. Схема досягнення встановленої щільності насіння з перекриттям площ засіву: 1 – засіяна площа одним розсіювачем; 2, 3 – засіяна площа з перекриттям суміжних розсіювачів

Польові експериментальні дослідження проведено на грунтообробно-посівному агрегаті у складі: ХТЗ-120 + БДЛП-4 + висівний модуль з системою управління типу TurboJet з тарілчастими розсіювачами (три – досліджувані та три – контрольні), розміщеними на секціях сферичних дисків (рис. 11). Контрольні розсіювачі включають дві тарілчасті пластини, діаметром 10 см, з’єднані прямокутним ребром висотою 1,5 см. Інші техніко-технологічні параметри грунтообробно-посівного агрегата визначено агротехнічними вимогами: швидкість агрегата в межах $V_{аг}$=2,2–3,3 м/с; норма висіву $N_з$=20 кг/га; ширина ґрунтообробно-посівного агрегата B=4 м; параметри котушки (площа поперечного перерізу жолобка $S_{ж}$=630 мм^2; кількість жолобків Z=10; зовнішній діаметр котушки $D_{к}$=59,4 мм, зазор на виході між котушкою і дном бункера C_1=20 мм; довжина котушки L_r=365 мм); оберти котушки ω_r=5,8 об./с (350 об./хв); кількість насіння, видане за один оберт q_0=500–670 шт./об. (2 г/об.).

Рис. 11. Установка тарілчастого розсіювача на дисковому агрегатів під час польових досліджень

Дослідженням визначено розподіл насіння на площі 1 м^2: контрольними розсіювачами – 419 шт. з коефіцієнтом варіації 67,3 %, експериментальними – 434 шт. Коефіцієнт варіації становить 49,9 %, що в межах агротехнічних вимог забезпечує збільшення приросту зеленої маси на 20,2 %.

У п'ятому розділі **«Виробнича апробація та економічна ефективність комбінованого ґрунтообробно-посівного агрегата»** наведено розрахунки економічної ефективності впровадження комбінованого ґрунтообробно-посівного агрегата з тарілчастими розсіювачами.

Результати виконаних досліджень було використано для систематизації бази знань та даних у проектуванні модульних комбінованих ґрунтообробно-посівних агрегатів та впроваджено у ТОВ «Велес Агро ЛТД» (м. Одеса) та ТОВ Краснянське СП «АГРОМАШ» (Вінницька область).

Результати польових досліджень комбінованого ґрунтообробно-посівного агрегата прийнято для розрахунку економічної ефективності.

Економічна ефективність від впровадження вдосконаленої технології (застосування досліджуваного комбінованого грунтообробно-посівного агрегата ХТЗ-120 + БДЛП 8 з висівним модулем) порівняно з традиційним методом (лущення стерні ґрунтообробним агрегатом УДА-3,1 в агрегаті з енергозасобом МТЗ-82 та сівба сівалкою НІКА з енергозасобом МТЗ-80) складає 288,49 грн на 1 га, в тому числі 112,13 грн на 1 га від оптимізації конструкційних параметрів тарілчастого висівного апарата (рівномірність висіву за встановленою нормою). Термін окупності розробок 1,2 року.

ВИСНОВКИ

У дисертації наведено теоретичне обґрунтування та вирішення науково-практичного завдання підвищення ефективності техніко-технологічного процесу сівби сидеральних культур поєднанням технологічних операцій ґрунтообробно-посівним агрегатом і вдосконаленням конструкційних параметрів тарілчастого розсіювача.

1. Вивчення наявного світового та вітчизняного рівня машин та засобів показало доцільність використання комбінованих ґрунтообробно-посівних агрегатів, які забезпечують сівбу сидератів одночасно з обробітком ґрунту.

Для ефективного функціонування комбінованого ґрунтообробно-посівного агрегата необхідне технологічне поєднання (узгодження технологічних операцій) за схемою [<швидкість агрегата – задана норма висіву насіння> – <транспортування насіння пневмопроводом та розсів тарілчастим розсіювачем (з визначеними раціональними параметрами) >].

2. Визначено концепцію та розроблено системо-аналогову модель комбінованого ґрунтообробно-посівного агрегата з інформаційною системою, що забезпечують функціонування двох блоків: технологічності (установлена норми висіву зі зміною швидкості агрегата) та якості висіву (рівномірність висіву визначеними параметрами насіннєпровода і тарілчастого розсіювача).

3. Систематизовано математичні моделі складових компонентів комбінованого ґрунтообробно-посівного агрегата (миттєвої швидкості машинно-тракторного агрегата $V_{аг}$ в координатах місцерозташування, динамічних параметрів висівного апарата котушкового типу на кожній i-й ділянці та динаміки руху насіння по насіннєпроводу).

Одержано аналітичні залежності величини ділянки розсіювання $x_{пад.}$ та щільності розподілу насіння по ширині та у напрямку руху агрегата $f\ (x,\ y)$ від швидкості повітронасіннєвої суміші $V_{пн}$ та конструкційних параметрів тарілчастого розсіювача: кутів розкриття нижньої пластини розсіювача β та висоти їх установки $H_Д$ на агрегаті.

4. Вперше розроблено принципи синергетичного синтезу показників комбінованого ґрунтообробно-посівного агрегата та складові функціоналів: технологічності (F_1), який відображає рух агрегата $V_{аг}$=2,2–3,3 м/с і роботу висівного модуля $N_з$=20–30 кг/га; якості (F_2) – рух насіння і процес сівби (швидкість повітронасіннєвої суміші $V_{пн}$=10–14 м/с, кут нахилу нижньої пластини розсіювача β=5°–17°, висоту встановлення розсіювача $H_Д$=0,44–0,64 м), які впливають на ширину ділянки розсіювання та рівномірність розподілу насіння.

Удосконалено метод визначення та розраховано критерій мінімізації F_2=0,076 якості виконання технологічного процесу.

5. Розроблено методику визначення й оцінювання параметрів функціональних блоків у процесі їх мінімізації (сума квадратів відхилення «факт-норма» з використанням методу покоординатного спуску). За цією програмою з використанням експериментальних даних визначено раціональні значення параметрів розсіювача (швидкість повітронасіннєвої суміші

($V_{пн}$=12 м/с), кути нахилу площини тарілчастого розсіювача (β=5°), висоту встановлення розсіювача ($H_Д$=0,54 м) і відстань між розсіювачами ($L_р$=0,5 м) на агрегаті), за яких забезпечується рівномірність висіву до діючих агровимог.

Теоретичними дослідженнями обґрунтовано, що досягнення встановленої щільності за нормою висіву 20 кг/га складають 94,2 % (471 насінина на 1 м^2), а експериментальні дані щільності розподілу рівні 86,8 % (434 насінини на 1м^2).

6. Економічна ефективність від впровадження вдосконаленої технології (застосування досліджуваного ґрунтообробно-посівного агрегата ХТЗ-120 + БДЛП 8 з висівним модулем) порівняно з традиційним методом (лущення стерні ґрунтообробним агрегатом УДА-3,1 в агрегаті з енергозасобом МТЗ-82 та сівба сівалкою НІКА з енергозасобом МТЗ-80) складає 288,49 грн на 1 га, зокрема від оптимізації конструкційних параметрів тарілчастого висівного апарата (рівномірність висіву за встановленою нормою) 112,13 грн/га.

Результати досліджень впроваджено у ТОВ «Велес Агро ЛТД» (м. Одеса) та ТОВ Краснянське СП «АГРОМАШ» (Вінницька область). Термін окупності складає 1,2 року.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у науковому фаховому виданні України:

1. Шустік Л., **Гайдай Т.** Пошук альтернативних енергоощадних технологій і дослідження для посіву дрібнонасіннєвих культур. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. 2012. Вип. 16 (30). Кн. 2. С. 116–119. *(Здобувачем розглянуто питання підвищення врожаїв завдяки використанню сидератів на основі поєднання технологій обробітку ґрунту і сівби)*.

2. Гайдай Т. Дослідження динаміки автономного висівного модуля котушкового типу для сівби дрібнонасіннєвих культур. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. 2017. Вип. 21 (35). С. 131–143.

3. Гайдай Т. Визначення оптимальних параметрів елементів насіннєвого бункера та блока розсіювання ґрунтообробно-посівного агрегата. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. 2018. Вип. 22 (36). С. 66–74.

4. **Гайдай Т.**, Читаєв Д. Визначення основних параметрів ґрунтообробно-посівного агрегата для висіву сидеральних культур. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. 2018. Вип. 23(37). С. 112–118. *(Здобувачем визначено основні параметри ґрунтообробно-посівного агрегата з метою підвищення ефективності техніко-технологічного процесу сівби сидеральних культур)*.

5. Гайдай Т. Експериментальні дослідження висіву та розподілу дрібно насіннєвих культур. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. 2019. Вип. 24 (38). С. 94–99.

Статті у науковому фаховому виданні України, включеному до міжнародних наукометричних баз даних:

6. Gaidai T. V. Modeling of process of seeding small-seeded crops tillage sowing unit for calculation of band dispersion. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Техніка та енергетика АПК. 2017. Вип. 275. С. 304–311.

7. Gaidai. T. Concept and system analog model of functioning of chain of technological change soil-sowing unit. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Техніка та енергетика АПК. 2018. Вип. 298. С. 95–98.

Статті у науковому виданні України

8. Кравчук В., Шустік Л., Читаєв Д., **Гайдай Т.** Експериментальні дослідження тарілчастого розсіювача ґрунтообробно-посівного агрегата для сівби сидеральних культур. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. 2015. Вип. 19 (33). С. 199–204. *(Здобувачем представлено результати експерименту тарілчастого розсіювача)*.

9. Кравчук В., Баранов Г., Прохоренко О., **Гайдай Т.** Процедури системно-аналогового моделювання та ланцюгових технологічних перетворень для ґрунтообробно-посівного агрегата. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. 2016. Вип. 20 (34). С. 80–94. *(Здобувачем запропоновано конструкційні моделі, які відображають процеси функціонування послідовного з'єднання технологічних вузлів ґрунтообробно-посівного агрегата)*.

10. Кравчук В., Баранов Г., Прохоренко О., **Гайдай Т.** Системно-аналогове моделювання технологій екологічного керованого землеробства за ланцюговими процесами. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. 2016. Вип. 20 (34). С. 269–280. *(Здобувачем запропоновано символьно-аналітичне моделювання складних динамічних систем).*

Патенти України на корисну модель:

11. Кравчук В. І., Пономар Ю. В., Пономар М. Ю., Шустік Л. П., Погорілий В. В., **Гайдай Т. В.** Ґрунтообробно-посівний агрегат. Патент України на корисну модель № 77303 Україна, A01B 49/06. Заявник і патентовласник ДНУ «УкрНДІПВТ імені Леоніда Погорілого». № u201208640; заявлено 12.07.2012; опубліковано 11.02.2013. Бюл. № 3. *(Здобувачем здійснено патентний пошук та запропоновано конструкцію ґрунтообробно-посівного агрегата для дрібнонасіннєвих культур).*

12. Кравчук В. І., Хомишинець В. Л., Шустік Л. П., Погорілий В. В., **Гайдай Т. В.,** Степченко С. В. Регульований тарілчастий розсіювач. Патент України на корисну модель № 129080 Україна, A01B 49/06. Заявник і патентовласник ДНУ «УкрНДІПВТ імені Леоніда Погорілого». № u201802780; заявлено 19.03.2018; опубліковано 25.10.2018. Бюл. № 20. *(Здобувачем*

здійснено патентний пошук та запропоновано конструкцію регульованого тарілчастого розсіювача для сидеральних культур).

Тези наукових доповідей:

13. Кравчук В., Шустік Л., Читаєв Д., **Гайдай Т.** Результаты экспериментального исследования тарельчатого рассеивателя комбинированного агрегата для посева мелкозернистых культур. Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: Международная научно-техническая конференция, г. Минск, Республика Беларусь, 21 октября 2015 года: тезисы доклада. Минск, 2015. С. 108–109. *(Здобувачем представлено результати експериментальних досліджень розсіювача)*.

14. Гайдай Т. Математическая модель движения почвообрабатывающего посевного агрегата с тарелчастыми рассеивателями сидеральных культур. Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: Международная научно-техническая конференция, г. Минск, Республика Беларусь, 21 октября 2017 года: тезисы доклада. Минск, 2017. С. 39–44. *(Здобувачем представлено моделювання динаміки руху ґрунтообробно-посівного агрегата)*.

15. Гайдай Т. Модель функціонування ланцюгових технологічних перетворень ґрунтообробно-посівного агрегата. Сучасні проблеми землеробської механіки: XIX Міжнародна наукова конференція, м. Київ, 17–19 жовтня 2018 року: тези доповіді. Київ, 2018. С. 13. *(Здобувачем представлено модель функціонування ланцюгових технологічних поєднань ґрунтообробно-посівного агрегата)*.

АНОТАЦІЯ

Гайдай Т. В. Обґрунтування і вдосконалення технології та робочих органів агрегата для сівби сидеральних культур. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук зі спеціальності 05.05.11 «Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва». Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ, 2019.

В умовах функціонування сучасного агропромислового виробництва України спостерігається різке зниження (до 30 % від нормативної потреби) використання органічних добрив.

Водночас, залишається актуальним питання забезпечення ґрунту поживними речовинами на основі альтернативних та доступних джерел. Одним із таких джерел є застосування сидератів. Як показує досвід вітчизняних і зарубіжних виробників продукції рослинництва, 1 т зеленої маси сидератів еквівалентна 0,5–0,75 т перегною.

Порівняння технології забезпечення ґрунту поживними речовинами на основі традиційного використання органічних добрив з технологією застосування сидератів показує, що остання є в 3–3,5 раза ефективнішою за питомими витратами коштів на 1 га (862–940 грн/га проти 3007 грн/га).

Використання сидеральних добрив є економічною та екологічною альтернативою забезпечення ґрунту необхідними речовинами.

З огляду тенденцій світового ринку техніки випливає, що найбільш ефективними знаряддями «сидеральних» технологій є комбіновані ґрунтообробно-посівні агрегати, які забезпечують сівбу сидеральних культур одночасно з обробітком ґрунту. Модульна схема реалізації таких агрегатів дає змогу використовувати поширені на ринку серійні або спеціалізовані ґрунтообробні знаряддя, які дооснащуються простим за схемами приєднання та привода висівним апаратом (висівним модулем) із системами, прийнятними за агротехнічними показниками дозування та внесенням дрібнонасіннєвих культур.

Актуальним для зазначених модульних ґрунтообробно-посівних агрегатів є дослідження ланцюгових технологічних поєднань та конструкційних параметрів розсіювачів, які забезпечують рівномірність розподілу насіння на поверхні ґрунту.

У дисертації наведено дослідження, метою яких є підвищення ефективності техніко-технологічного процесу висіву сидеральних культур поєднанням технологічних операцій ґрунтообробно-посівним агрегатом та вдосконаленням конструкційних параметрів тарілчастого розсіювача.

Проведено аналіз сучасного стану техніко-технологічних рішень для висіву сидеральних культур та визначено напрями розроблення перспективних технічних рішень.

Визначено концепцію та розроблено системо-аналогову модель функціонування технологічного процесу комбінованого ґрунтообробно-посівного агрегата.

Розроблено аналітичні залежності динаміки технологічного процесу комбінованого ґрунтообробно-посівного агрегата за показниками технологічності та якості.

На основі досліджень запропоновано: аналітичні залежності динаміки руху комбінованого ґрунтообробно-посівного агрегата з визначення його координат (x, y); процедуру визначення параметрів висівного апарата котушкового типу; оцінювання динаміки руху насіння у пневматичному насіннєпроводі; визначення параметрів тарілчастого розсіювача; принцип синергетичного синтезу показників технологічності та якості і керування процесом з використанням інформаційно-керівного засобу.

Обґрунтовано раціональну конструкційно-функціональну схему тарілчастого розсіювача з регульованим кутом розкриття для дрібнонасіннєвих сидеральних культур, оптимізовано значення необхідних кутів розкриття (за відповідної висоти установки і швидкості повітряного потоку) для рівномірного розподілу насіння.

Для проведення лабораторних та лабораторно-польових досліджень спроектовано та виготовлено експериментальну установку. Удосконалено методики визначення й оцінювання параметрів блоку технологічності та якості процесу, а також алгоритму їхньої взаємодії.

За програмою експериментальних досліджень проведено: перевірку теоретичних передумов, прийнятих у побудові розрахункових моделей функціонування блоків технологічності та якості комбінованого ґрунтообробно-посівного агрегата; дослідження впливу швидкості повітряного потоку і конструкційних параметрів тарілчастого розсіювача на рівномірність розсіювання насіння на поверхні ґрунту. На основі граничних значень ширини розсіювання насіння побудовано епюри його розподілу за розрахунковими та експериментальними даними. За характером кривизни епюр розсіювання насіння визначено відстань між тарілчастими розсіювачами. Досліджено конструкційні та динамічні параметри тарілчастого розсіювача, оптимізовано компонувальну схему установки на агрегаті.

Проведено польові дослідження експериментального зразка тарілчастого розсіювача та визначено економічну ефективність від застосування запропонованого комбінованого ґрунтообробно-посівного агрегата для сівби дрібнонасіннєвих сидеральних культур.

Для оцінювання роботи комбінованого ґрунтообробно-посівного агрегата з типовим та розробленим тарілчастими розсіювачами визначено коефіцієнт варіації нерівномірності розподілу насіння та щільність рослин у польових виробничих умовах.

Ключові слова: сидеральні культури, комбінований ґрунтообробно-посівний агрегат, системо-аналогова модель, тарілчастий розсіювач, компоненти технологічності та якості процесу висіву дрібнонасіннєвих культур.

АННОТАЦИЯ

Гайдай Т. В. Обоснование и совершенствование технологии и рабочих органов агрегата для посева сидеральных культур. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.05.11 «Машины и средства механизации сельскохозяйственного производства». Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины. Киев, 2019.

В условиях функционирования современного агропромышленного производства Украины наблюдается резкое снижение (до 30 % от нормативной потребности) использование органических удобрений.

В то же время, остается актуальным вопрос обеспечения почвы питательными веществами на основе альтернативных и доступных источников. Одним из таких источников является применение сидератов. Как показывает опыт отечественных и зарубежных производителей продукции растениеводства, 1 т зеленой массы сидератов эквивалентна 0,5–0,75 т перегноя.

Сравнение технологии обеспечения почвы питательными веществами на основе традиционного использования органических удобрений с технологией применения сидератов показывает, что последняя является в 3–3,5 раза

эффективнее удельными затратами средств на гектар (862–940 грн/га против 3007 грн/га).

Использование сидеральных удобрений является экономической и экологической альтернативой обеспечения почвы необходимыми веществами.

Из обзора тенденций мирового рынка техники вытекает, что наиболее эффективными орудиями «сидеральных» технологий является комбинированные почвообрабатывающе-посевные агрегаты, которые обеспечивают посев сидеральных культур одновременно с обработкой почвы. Модульная схема реализации таких агрегатов позволяет использовать распространенные на рынке серийные или специализированные почвообрабатывающие орудия, которые дополняются простым по схемам присоединения и привода высевающим аппаратом (высевающим модулем) с системами, приемлемыми по агротехническим показателям дозирования и внесения мелкосемянных культур.

Актуальным для указанных комбинированных почвообрабатывающе-посевных агрегатов является исследование технологических сочетаний и конструкционных параметров рассеивателей, которые обеспечивают равномерность распределения семян на поверхности почвы.

В диссертации приведены исследования, целью которых является повышение эффективности технико-технологического процесса высева сидеральных культур сочетанием технологических операций комбинированным почвообрабатывающе-посевным агрегатом и совершенствования конструктивных параметров тарельчатого рассеивателя.

Проведен анализ современного состояния технико-технологических решений для посева сидеральных культур и определены направления разработки перспективных технических решений.

Определена концепция и разработана системо-аналоговая модель функционирования технологического процесса комбинированного почвообрабатывающе-посевного агрегата.

Разработаны аналитические зависимости динамики технологического процесса почвообрабатывающе-посевного агрегата по показателям технологичности и качества.

На основе исследований предложено: аналитические зависимости динамики движения комбинированного почвообрабатывающе-посевного агрегата с определением его координат (x, y); процедуру определения параметров высевающего аппарата катушечного типа; оценивание динамики движения семян в пневматическом семяпроводе; определение параметров тарельчатого рассеивателя; алгоритм синтеза показателей технологичности и качества цепных сочетаний и управления процессом с использованием информационно-управляющего средства.

Обоснованно рациональную конструкционно-функциональную схему тарельчатого рассеивателя с регулируемым углом раскрытия для мелкосемянных сидеральных культур, оптимизировано значения необходимых углов раскрытия (при соответствующей высоте установки и скорости воздушного потока) для равномерного распределения семян.

Для проведения лабораторных и лабораторно-полевых исследований спроектирована и изготовлена экспериментальная установка. Усовершенствована методики определения и оценки параметров блока технологичности и качества процесса, а также алгоритма их взаимодействия.

По программе экспериментальных исследований проведено: проверку теоретических предпосылок, принятых в построении расчетных моделей функционирования блоков технологичности и качества комбинированного почвообрабатывающе-посевного агрегата; исследования влияния скорости воздушного потока и конструкционных параметров тарельчатого рассеивателя на равномерность рассеивания семян на поверхности почвы. На основе предельных значений ширины рассеивания семян построено эпюры его распределения по расчетным и экспериментальным данным. По характеру кривизны эпюр рассеивания семян определено расстояние между тарельчатыми рассеивателями. Исследованы конструкционные и динамические параметры тарельчатого рассеивателя, оптимизированы компоновочные схемы установки на агрегате.

Проведены полевые исследования экспериментального образца тарельчатого рассеивателя и определена экономическая эффективность от применения предложенного комбинированного почвообрабатывающе-посевного агрегата для посева мелкосемянных сидеральных культур.

Для оценки работы комбинированного почвообрабатывающе-посевного агрегата с типичным и разработанным тарельчатым рассеивателем определен коэффициент вариации неравномерности распределения семян и плотность растений в полевых производственных условиях.

Ключевые слова: сидеральные культуры, комбинированный почвообрабатывающе-посевной агрегат, системо-аналоговая модель, тарельчатый рассеиватель, компоненты технологичности и качества процесса высева мелкосеменных культур.

ANNOTATION

Gaidai T. V. Substantiation and Improvement of Technology and Working Bodies of the Plant for Sowing of Break Crops. – The Manuscript.

Thesis for degree of Candidate of Technical Sciences, special field 05.05.11 «Machines and Means of Mechanization of Agricultural Production». National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Kyiv, 2019.

In the conditions of functioning of modern agro-industrial production of Ukraine there is a sharp decrease (up to 30 % of the regulatory requirement) of the use of organic fertilizers.

At the same time, the question of providing soil with nutrients based on alternative and accessible sources remains relevant. One such source is the use of break (green manure) crops. As the experience of domestic and foreign producers of crop products shows, one ton of green mass of break crops is equivalent to 0.5–0.75 tons of humus.

Comparison of soil nutrient technology based on traditional use of organic fertilizers with break crops technology shows that the latter is 3–3.5 times more efficient at specific costs per hectare (862–940 UAH/ha versus 3007 UAH/ha).

The use of manure fertilizers is an economic and environmental alternative to providing the soil with the necessary substances.

Considering the tendencies of the world technology market, the most effective tools of «break crops» technologies are combined soil-sowing units, which provide sowing of break crops simultaneously with tillage. The modular scheme for the implementation of such units allows the use of commercially available serial or specialized tillage tools, which are equipped with simple connection schemes and sowing device (sowing module) with systems acceptable for agrotechnical metering and small-seed application.

Actual for these modular soil-sowing units is the study of chain technological combinations and design parameters of the diffusers, which ensure the uniform distribution of seeds on the soil surface.

The dissertation is devoted to the research aimed at increasing the efficiency of the technological and technological process of sowing of break crops by combining technological operations of soil tillage and sowing unit and improving the design parameters of the plate diffuser.

The analysis of the current state of technical and technological solutions for sowing of break crops is conducted and the directions of development of perspective technical solutions are determined.

The concept and system-analog model of functioning of the chain technological processes of the soil-sowing unit have been developed.

The analytical dependences of the dynamics of the chain technological process of the soil-sowing unit on the indices of manufacturability and quality have been developed.

On the basis of researches it is offered: analytical dependences of movement dynamics of the soil-sowing unit for determination of its coordinates (x, y); the procedure for determining the parameters of the coil-type seeding apparatus; evaluation of the dynamics of seed movement in the pneumatic seed line; determining the parameters of the plate diffuser; algorithm of synthesis of indicators of manufacturability and quality of chain connections and process control with the use of information-control tool.

The rational design and functional scheme of a plate diffuser with an adjustable opening angle for small-seeded sider crops is substantiated, the values of the necessary opening angles (at the appropriate installation height and air flow velocity) for uniform seed distribution are optimized.

An experimental unit was designed and manufactured for laboratory and field research. The methods of determining and estimating the parameters of the block of processability and process quality and the algorithm of their interaction have been improved.

According to the program of experimental researches, the following were carried out: verification of theoretical prerequisites adopted in the construction of computational models of functioning of blocks of manufacturability and quality of the soil-sowing unit; study of the influence of air velocity and the design parameters of the plate diffuser on the uniform dispersion of seeds on the soil surface. On the basis of the limits of the width of the scattering of seeds, plots of its distribution according to the calculated and experimental data have been constructed. By the nature of the curvature of the seed scatterplots, the distance between the plate scatterers is determined. The design and dynamic parameters of the plate diffuser were investigated, and the layout layout of the unit was optimized.

Field studies of an experimental specimen of a plate diffuser have been carried out and the cost-effectiveness of using the proposed tillage and sowing unit for sowing of small-seeded crops has been determined.

To evaluate the operation of the soil-sowing unit with a typical and developed dish spreader, the coefficient of variation of the uneven distribution of seeds and the density of plants in field production conditions were determined.

Key words: break crops, combined tillyng-sowing unit, system-analog model, plate diffuser, components of processability and quality of sowing process of small-seed crops.

Підписано до друку 18.11.19 Формат 60х84\16
Ум. друк. арк. 0,9 Обл.-вид. арк. 0,9
Наклад 100 прим. Зам. № 191079

Віддруковано у редакційно-видавничому відділі НУБіП України
вул. Героїв Оборони, 15, Київ, 03041 тел.: 527-81-55

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 2065 від 18.01.2005 р.