

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

РОСАМАХА ЮРІЙ ОЛЕКСАНДРОВИЧ

УДК 631.331

**ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ДВОФАЗНОЇ СОШНИКОВОЇ
СИСТЕМИ ДЛЯ ПРОСАПНИХ СІВАЛОК**

05.05.11 «Машини і засоби механізації
сільськогосподарського виробництва»

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ – 2018

Дисертацією є рукопис

Роботу виконано у Національному університеті біоресурсів і природокористування України Міністерства освіти і науки України

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

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор,
член-кореспондент НААН України
Кравчук Володимир Іванович,
Державна наукова установа
«Український науково-дослідний інститут
з випробування і прогнозування техніки
та технологій імені Леоніда Погорілого»,
директор

кандидат технічних наук,
старший науковий співробітник
Кудринецький Ростислав Борисович,
Національний науковий центр
«Інститут механізації та електрифікації
сільського господарства» НААН,
докторант

Захист відбудеться «31» травня 2018 року о 10⁰⁰ 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 розісланий «28» квітня 2018 року

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

І. Л. Роговський

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Однією з необхідних умов отримання високих урожаїв просапних культур, поряд із підготовкою ґрунту, догляду за посівами, є забезпечення розподілу насінневого матеріалу у відповідності до агровимог. Це сприяє забезпеченню рослин необхідною кількістю світла, вологи, тепла та поживними речовинами.

Забезпечити якість сівби на належному рівні – це не просте завдання, адже насіння, навіть однієї культури, відрізняється формою і розмірами, що впливає на якість їх розподілу по глибині та довжині рядка, а також на відхилення від прямолінійного розміщення. Нерівномірність розподілу насіння вимагає збільшення норми висіву для покращення формування густоти сходів, і призводить до збільшення його витрат. Якщо якість розподілу насіння по площі і стійкість заданої норми висіву головним чином залежить від конструкції висівного апарату та швидкості руху сівалки в полі, то стійкість глибини загортання насіння в значній мірі визначається якістю роботи сошникової системи сівалки.

При роботі посівного агрегату зміна опору ґрунту і нерівності поверхні поля викликають коливання сошника в поздовжньо-вертикальній площині, що призводить до нестійкого руху останнього на заданій глибині. З підвищенням швидкості руху посівного агрегату зростає амплітуда коливання сошника в поздовжньо-вертикальній площині, що значно збільшує нерівномірність глибини загортання насіння. Існуючі конструкції сошникових систем сівалок не забезпечують достатнього ступеня точності розподілу насінневого матеріалу просапних культур в ґрунті.

Отже, обґрунтування раціональної конструкції і параметрів роботи сошникової системи для сівби просапних культур, що забезпечує двофазну заробку насіння, є актуальною проблемою сільськогосподарського виробництва.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження, що складають основу дисертаційної роботи, виконано у Національному університеті біоресурсів і природокористування України згідно науково-дослідної роботи «Оптимізація конструктивних та технологічних параметрів сошникових систем посівних машин для місцевизначеної сівби» (номер державної реєстрації 0116U001878).

Мета та завдання дослідження. Метою дослідження є покращення показників якості сівби просапних культур в сучасних технологіях землеробства шляхом обґрунтування параметрів двофазної сошникової системи для просапних сівалок.

Для досягнення поставленої мети було висунуто наукову гіпотезу та вирішувались такі завдання:

- провести аналіз існуючих способів і засобів реалізації сівби просапних культур сошниковими сівалками та обґрунтувати концепцію вдосконалення процесу і засобу його реалізації;
- провести теоретичний аналіз процесу взаємодії робочих органів двофазної сошникової системи з ґрунтовим середовищем, як єдиної динамічної

системи і розробити математичну модель руху запропонованої сошникової системи по нерівностях поверхні поля;

– провести експериментальні лабораторні та лабораторно-польові дослідження функціонування запропонованої сошникової системи;

– оцінити економічну ефективність впровадження результатів досліджень у виробництво.

Об'єкт дослідження – технологічний процес двофазного способу заробки насіння просапних культур з формуванням клиноподібного насінневого ложе і доставкою насіння на задану глибину вдавленням.

Предмет дослідження – взаємозв'язок конструктивно-технологічних параметрів двофазної сошникової системи та показників якості проведення сівби просапних культур.

Методи дослідження. Обґрунтування параметрів функціонування сошникової системи базувались на аналізі взаємодії елементів конструкції сошникової системи з ґрунтовим середовищем у процесі сівби. При проведенні теоретичних досліджень використовувались механіко-математичні методи моделювання технологічного процесу на базі вищої математики, теоретичної механіки та теорії ймовірності.

Експериментальні дослідження проводились як на стандартних, так і спеціально спроектованих та виготовлених установках в лабораторних і виробничих умовах з використанням загальноприйнятих та розроблених методик. При проведенні експериментальних досліджень застосовувались математичні методи планування експерименту та їх обробка з використанням програмних продуктів Excel, Statistica, MathCad та Компас 3D.

Наукова новизна одержаних результатів. Вперше обґрунтовано і розроблено двофазну сошникову систему для сівби просапних культур в сучасних технологіях землеробства.

Вперше розроблено математичну модель руху двофазної сошникової системи по нерівностях поверхні поля.

Вперше теоретично обґрунтовано і експериментально підтверджено раціональні конструктивні та технологічні параметри двофазної сошникової системи для просапних сівалок.

Новизну технічних рішень, що лягли в основу розроблених елементів конструкції та двофазної сошникової системи в цілому, підтверджено патентами України на корисну модель.

Практичне значення одержаних результатів. На основі теоретичних і експериментальних досліджень визначено конструктивно-технологічні параметри сошникової системи для сівби просапних культур, на основі яких розроблено конструкторську документацію і виготовлено експериментальний зразок секції сівалки для сівби просапних культур.

Результати наукових досліджень прийнято до впровадження у виробництво при розробленні технічних рішень для вдосконалення процесів сівби просапних культур в сучасних технологіях землеробства у ТОВ «Велес Агро ЛТД» (м. Одеса) та ПАТ «Ельворті» (м. Кропивницький).

Особистий внесок здобувача. Основні теоретичні, експериментальні, лабораторні і польові дослідження за темою дисертації та обробка результатів виконано здобувачем особисто. Постановку завдань, аналіз і трактування одержаних результатів виконано разом із науковим керівником.

Здобувачем особисто: досліджено сучасний стан проблеми та перспективні напрями вдосконалення сівби просапних культур загалом і сошникових систем зокрема; обґрунтовано конструктивно-технологічні параметри, розроблено математичну модель руху і автоматизованого управління запропонованої сошникової системи по поверхні поля; на основі експериментальних досліджень обґрунтовано і уточнено раціональні конструктивні параметри двофазної сошникової системи та визначено її техніко-економічні показники.

Апробація результатів дисертації. Основні результати роботи було заслухано та обговорено на: II Міжнародній науково-практичній конференції молодих вчених «Актуальні проблеми наук про життя та природокористування» (м. Київ, 2013 р.); Міжнародній конференції науково-педагогічних працівників, наукових співробітників та аспірантів «Проблеми та перспективи розвитку технічних та біоенергетичних систем природокористування» (м. Київ, 2014 р.); XV Міжнародній науковій конференції «Сучасні проблеми землеробської механіки» (м. Житомир, 2014 р.); Міжнародному семінарі «Системотехніка та моніторинг стану сільськогосподарських угідь» (м. Київ, 2015 р.); II Міжнародній науковій конференції «Інноваційний розвиток аграрної сфери» (м. Київ, 2015 р.); XVI Міжнародній науковій конференції «Сучасні проблеми землеробської механіки» (м. Київ, 2015 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні технології виробництва зернових культур» (м. Київ, 2016 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Інноваційний розвиток аграрної сфери» (м. Київ, 2016 р.); науково-практичній конференції-форумі «Розумна агротехніка для ефективного землеробства» (м. Харків, 2016 р.).

Публікації. За результатами досліджень дисертаційної роботи опубліковано 15 наукових праць, з яких стаття у науковому фаховому виданні України, 4 статті у наукових фахових виданнях України, включених до міжнародних наукометричних баз даних, стаття у науковому виданні іншої держави, 3 патенти України на корисну модель, 6 тез наукових доповідей.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається з анотацій, вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел із 146 найменувань та додатків. Загальний обсяг дисертації становить 165 сторінок. Дисертація містить 5 таблиць та 63 рисунки.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У першому розділі «**Стан питання та постановка завдань дослідження**» наведено короткий аналіз способів заробки насіння просапних культур, агротехнічних вимог до сівби. Проведено аналіз сучасного технічного забезпечення та зроблено огляд досліджень процесів сівби просапних культур.

Проблемами сівби просапних культур займалися В. П. Гарячкін, П. М. Василенко, Л. В. Аніскевич, Н. М. Летошнєв, А. Б. Лур'є, М. В. Сабліков,

В. Ф. Семьонов, Є. А. Беляєв, Г. М. Бузенков, А. А. Будагов, С. А. Ма, А. Ф. Петунін, В. А. Белодєдов, Н. Г. Бондаренко, В. І. Кравчук, Р. Б. Кудринєцький, В. І. Александров, І. П. Іоаніді, П. Т. Бабій, Ю. І. Ковтун, С. В. Кардашевський, В. С. Басін, І. Б. Барський, В. Я. Анілович, С. А. Алфьоров, В. Н. Євсюков, Н. Б. Бояров, А. І. Ключєв, А. М. Ширяєв, М. П. Наботян, В. Д. Пологих, А. Ф. Яременко та ін.

Проаналізувавши результати досліджень зазначених авторів, встановлено, що основними недоліками в роботі сівалок для сівби просапних культур є забезпечення сталої глибини заробки насіння і оптимальної щільності ґрунту в зоні розміщення насіння, та намічено шляхи для їх усунення.

В процесі вирішення завдання покращення показників якості сівби просапних культур висунуто гіпотезу реалізації високоякісної сівби просапних культур, у відповідності до якої для покращення показників якості сівби насіння просапних культур необхідно застосувати двофазний спосіб заробки насіння.

При сівбі за таким способом процес заробки насіння відбувається за дві фази, кожна з яких включає дві стадії (рис. 1).

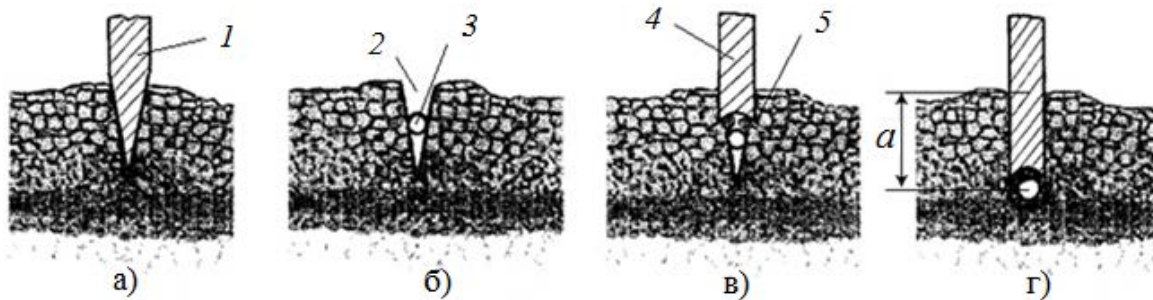


Рис. 1. Основні стадії заробки насіння двофазним способом: а, б – перша фаза; в, г – друга фаза заробки насіння; 1 – диск щілиноутворювач; 2 – щілина; 3 – насіннина; 4 – вдавлюючий диск; 5 – робочі кромки вдавлюючого диска; a – глибина заробки насіння

Послідовність чотирьох стадій реалізації способу виглядає наступним чином:

- перша стадія: конусний щілиноутворювач 1 входить в ґрунт і утворює щілину 2 зі сприятливими геометричними параметрами для самозаклинювання насіння між боковими стінками щілини без перекочування вздовж рядка;
- друга стадія: в щілину 2 подається насіння 3, яке в залежності від розмірів заклинюється в щілині на різній (але меншій, ніж задана) глибині і орієнтується вздовж осі щілини;
- третя стадія: вдавлюючий диск 4, з певними геометричними параметрами, рухається вздовж щілини, і своїми робочими кромками 5 зрізує бокові вологі стінки ґрунту; ґрунт при зрізанні, за рахунок форми жолоба диска 4 переміщується вниз і накриває насіння, що знаходиться в щілині, одночасно стискається навколо нього;
- четверта стадія: вдавлюючий диск 4 переміщує насіння із ущільненим шаром ґрунту на задану глибину сівби a ; загортання щілини виконується традиційним способом.

Такий двофазний спосіб сівби просапних культур дозволить забезпечити заробку насіння 1 (рис. 2) у вологий шар ґрунту 4. Навколо насінини формується ядро 2 ущільненого до $1,3 \text{ г/см}^3$ і зволоженого ґрунту, а зверху можливо утворити дрібнозернисту структуру 3. Насіння залягає на заданій (з допустимим відхиленням) глибині a незалежно від стану нерівностей і твердості ґрунту. Не порушується і рівномірність розподілу насіння вздовж рядка, яку забезпечує висівний апарат та до мінімуму зводиться відхилення насіння від осової лінії рядка.

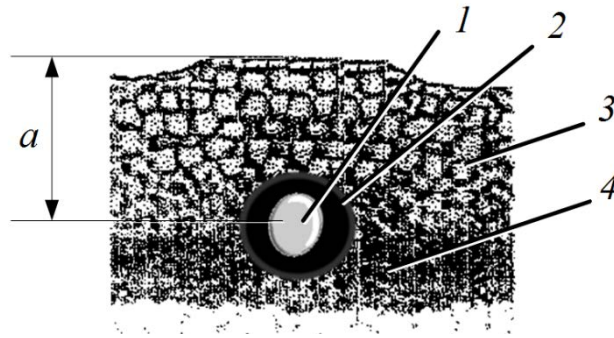


Рис. 2. Зображення насінини загорнутої в ґрунт: 1 – насінини; 2 – ядро ущільненого і зволоженого ґрунту; 3 – дрібнозерниста структура; 4 – вологий шар ґрунту; a – глибина заробки насіння

У другому розділі «**Теоретичні дослідження двофазної сошникової системи**» наведено теоретичні дослідження процесу заробки насіння на задану глибину двофазною сошниковою системою. Для реалізації запропонованого двофазного способу заробки насіння просапних культур розроблено відповідну конструкцію сошникової системи. Для складання математичної моделі руху двофазної сошникової системи побудовано розрахункову схему функціонування системи при русі по нерівностях поверхні поля в умовах діючих сил (рис. 3).

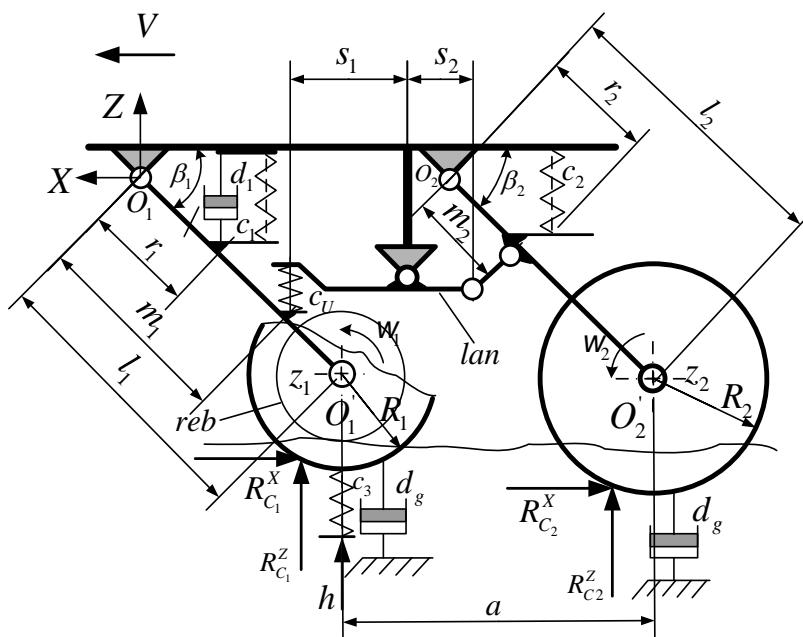


Рис. 3. Розрахункова схема двофазної сошникової системи

Віднесемо систему до декартової системи координат OXZ , що рухається прямолінійно із швидкістю V . Вертикальні переміщення центрів мас щілиноутворювача o_1 та вдавлюючого диска o_2 під час малих коливань радіальних поводків довкола установочних кутів β_1 та β_2 визначаються відповідно координатами z_1 та z_2 .

Для складання рівнянь динаміки руху сошникової системи по нерівностям поверхні поля скористаємось рівняннями динаміки Лагранжа 2-го роду:

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{q}_i} - \frac{\partial T}{\partial q_i} + \frac{\partial \Pi}{\partial q_i} + \frac{\partial \Phi}{\partial \dot{q}_i} = Q_{q_i} \quad (1)$$

де T і Π – кінетична та потенціальна енергії відповідно; Φ – дисипативна функція; q_i – узагальнені координати; Q_{q_i} – узагальнена сила.

При прийнятих припущеннях сошникова система є системою з двома ступенями свободи, що визначаються координатами z_1 та z_2 .

Після знаходження всіх складових і підстановки їх у рівняння динаміки (1) та проведення необхідних перетворень отримаємо систему диференціальних рівнянь руху двофазної сошникової системи по нерівностям поверхні поля:

$$\left\{ \begin{aligned} G1 + \frac{1}{2} \left(\frac{2c_1 r_1 z_1 [t]}{l_1} + \frac{c_U m_1 s_2 \left(\frac{m_1 s_2 z_1 [t]}{l_1 (s_1 + s_2)} + \frac{m_2 s_1 z_2 [t]}{l_2 (s_1 + s_2)} \right)}{l_1 (s_1 + s_2)} + \frac{(d_g l_1 + d_1 r_1) \dot{z}_1 [t]}{l_1} + \frac{1}{2} \left(\frac{2I_1 \tan[\beta_1]^2 \ddot{z}_1 [t]}{R_1^2} + \frac{M_1 (2\ddot{z}_1 [t] + 2 \tan[\beta_1]^2 \ddot{z}_1 [t])}{2 \tan[\beta_1]^2 \ddot{z}_1 [t]} \right) \right) &= \\ = R_{C_1}^Z + \tan(\beta_1) R_{C_1}^X; & \\ G2 + \frac{c_2 r_2 z_2 [t]}{l_2} + \frac{c_U m_2 s_1 \left(\frac{m_1 s_2 z_1 [t]}{l_1 (s_1 + s_2)} + \frac{m_2 s_1 z_2 [t]}{l_2 (s_1 + s_2)} \right)}{l_2 (s_1 + s_2)} + d_g \dot{z}_2 [t] + \frac{1}{2} \left(\frac{2I_2 \tan[\beta_2]^2 \ddot{z}_2 [t]}{R_2^2} + M_2 (2\ddot{z}_2 [t] + 2 \tan[\beta_2]^2 \ddot{z}_2 [t]) \right) &= \\ = R_{C_2}^Z + R_{C_2}^X \tan[\beta_2]. & \end{aligned} \right. \quad (2)$$

Аналіз рівнянь показав, що ефективність роботи механічного важеля зворотного зв'язку lan (рис. 3) буде забезпечена для досить вузького діапазону технологічних параметрів функціонування двофазної сошникової системи таких, як швидкість руху V , частота і амплітуда нерівностей поверхні поля h , сила опору ґрунту R при заглибленні диска тощо. Зокрема сила опору R є впливовим фактором на глибину ходу вдавлюючого диска і залежить від типу ґрунту та його фізико-механічних властивостей тощо. Причому, величина наведених властивостей значною мірою змінюється по площі поля, в залежності від координат знаходження посівного агрегату в полі. Це означає, що необхідно враховувати місцевизначені характеристики стану ґрунту, зокрема його місцевизначену щільність. Тому в подальшому аналізі сошникової системи враховується місцевизначена інформація про щільність ґрунту з можливістю автоматизованої корекції положення вдавлюючого диска (рис. 4). Така автоматизована система повинна покращити ефективність роботи коригуючого

пристрою і сошникової системи в цілому для широкого діапазону технологічних умов функціонування.

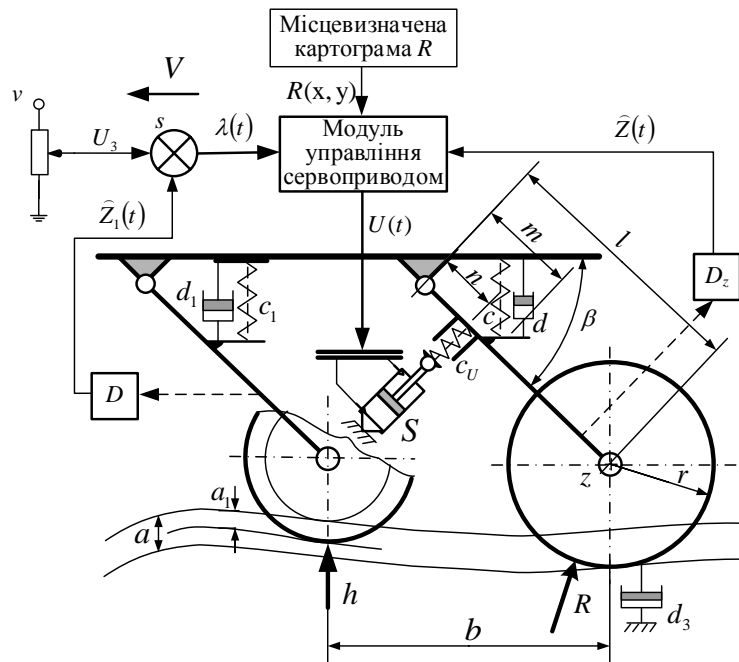


Рис. 4. Схема двофазної сошникової системи з автоматизованою системою корекції положення вдавлюючого диска

Положення щілиноутворювача контролюється датчиком положення D , сигнал від якого подається на суматор s . До суматора подається також сигнал ручного налаштування U_3 , а на виході маємо сигнал $\lambda(t)$, який подається до модуля управління сервоприводом. До цього модуля також подається сигнал зворотного зв'язку $\hat{z}(t)$ від датчика положення вдавлюючого диска, а також сигнал $R(x, y)$ від блоку розрахунку місцевизначеної щільності ґрунту. Останній функціонує на підставі інформації про поточні координати посівного агрегату в полі та картограми місцевизначеної щільності ґрунту.

Структурну схему автоматизованої системи корекції положення вдавлюючого диска представлено на рис. 5.

До блоку розрахунку сигналу місцевизначеної щільності ґрунту від блоку зчитування (PC card) картограми стану ґрунту надходить сигнал $R(x, y)$. До цього ж блоку надходить сигнал $\gamma(x, y)$ від датчика глобальної системи позиціонування. Вихідним сигналом цього блоку є нормалізований по амплітуді і синхронізований із світовими координатами сигнал $R(x, y, t)$. В якості сигналу для слідкування (цілі функціонування) виступає вихідний сигнал $\lambda(t)$. Цей сигнал формується як результат подачі до суматора сигналів $\hat{z}_1(t)$ датчика D контролю положення щілиноутворювача та $\hat{z}(t)$ від датчика зворотного зв'язку D_z , що контролює положення вдавлюючого диска. Для ручного регулювання положення вдавлюючого диска відносно щілиноутворювача слугує задатчик 3 із вихідним сигналом U_3 . Ціль функціонування досягається, з одного боку, шляхом

організації руху щілиноутворювача на глибині a_1 , а також шляхом дії пневмопривода на повідець радіального підвісу вдавлюючого диска (контролюється датчиком D_z з вихідним сигналом зворотного зв'язку $\hat{z}(t)$). В результаті на виході системи маємо кінцеву глибину заробки насіння $z(t)$.

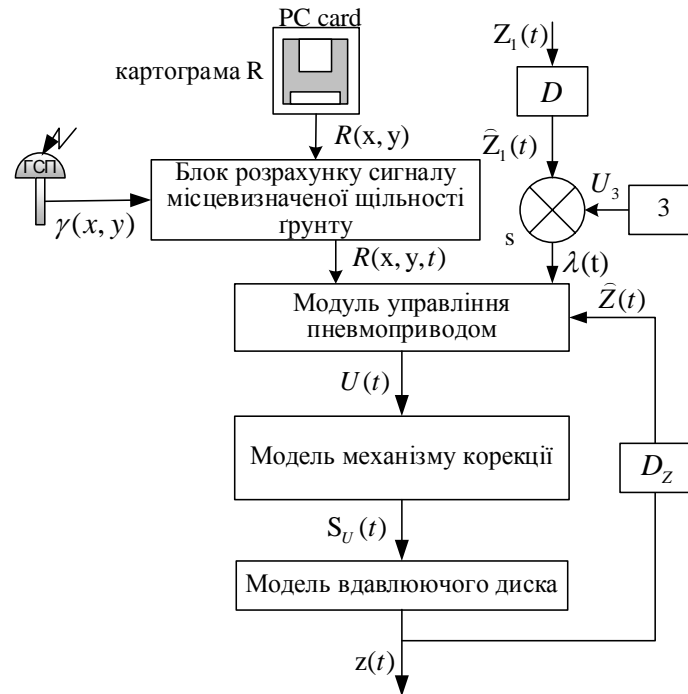


Рис. 5. Структурна схема автоматизованої системи корекції положення вдавлюючого диска

Основною задачею системи керування є розрахунок оптимального значення керуючої дії $U(t)$, яка подається на механізм корекції положення вдавлюючого диска. Шток пневмопривода S (див. рис. 4) корегує положення вдавлюючого диска відносно щілиноутворювача в залежності від заданих регулювань, стану нерівностей поверхні поля, а також величини опору ґрунту у відповідності до координат місцеположення посівного агрегату в полі і величини занурення вдавлюючого диска. В результаті на виході системи маємо конкретне положення вдавлюючого диска $z(t)$, як функцію сигналу керуючої дії $U(t)$, що надходить від модуля управління пневмоприводом.

При математичному описі сошникової системи зручно розбити систему на ланки і для кожної ланки записати своє рівняння. Для цього скористаємось представленням диференціальних рівнянь, що описують функціонування системи, передаточними функціями кожної ланки.

Передаточну функцію моделі вдавлюючого диска знайдемо шляхом складання диференціального рівняння руху вдавлюючого диска. Для складання рівнянь динаміки руху сошникової системи по нерівностям поверхні поля скористаємось рівняннями динаміки (1).

Після знаходження необхідних складових і підстановки у рівняння динаміки (1) і проведення необхідних перетворень отримаємо диференціальне рівняння руху вдавлюючого диска по нерівностям поверхні поля:

$$\ddot{z} \left(\frac{I \tan(\beta)^2}{R^2} + M(1 + \tan(\beta)^2) \right) + \dot{z} \frac{(dm + ld_3)}{l} + z \left(\frac{cm}{l} + \frac{n^2 \sin(\beta)^2 c_U}{l^2} \right) - Q_u = S_U \left(\frac{n \sin(\beta) c_U}{l} \right) \quad (3)$$

Передаточна функція моделі вдавлюючого диска сошникової системи має вигляд:

$$W_{vd} = \frac{A_4}{A_1 \tau^2 + A_2 \tau + A_3}, \quad (4)$$

де $A_1 = \frac{I \tan(\beta)^2}{R^2} + M(1 + \tan(\beta)^2)$; $A_2 = \frac{(dm + ld_3)}{l}$; $A_3 = \frac{cm}{l} + \frac{n^2 \sin(\beta)^2 c_U}{l^2}$;
 $A_4 = \frac{n \sin(\beta) c_U}{l}$; τ – символ диференціювання по часу.

Передаточна функція моделі сервомеханізму корекції положення вдавлюючого диска має вигляд:

$$W_{np} = \frac{K_k}{T_k^2 \tau^2 + 2T_k \xi_k \tau + 1} \quad (5)$$

де K_k , ξ_k та T_k – відповідно коефіцієнт підсилення, згасання та стала часу механізму корекції положення.

Передаточна функція моделі датчика положення вдавлюючого диска буде мати вигляд:

$$W_d = \frac{A_d}{T_d \tau + 1} \quad (6)$$

де $A_d = 1 + \Delta_d(t) + \xi_d(t)$; $\Delta_d(t)$ та $\xi_d(t)$ – систематична та випадкова складові відносної помилки функціонування датчика; T_d – стала часу датчика.

Рівняння (4, 5, 6) складають модель функціонування двофазної сошникової системи. Аналіз такої моделі дає можливість обрати структуру та значення параметрів керуючої дії $U(t)$ (закону регулювання), які забезпечують досягнення усталеності процесу функціонування системи, а також її роботу при допустимих значеннях помилки слідкування за виконанням завдання.

З метою визначення можливостей двофазної сошникової системи виконувати заданий режим роботи при зміні таких параметрів функціонування, як, наприклад, амплітуда і частота надходження нерівностей до сошникової системи, маса щіліноутворювача та вдавлюючого дисків, коефіцієнта згасання ξ , коефіцієнта підсилення K тощо, при наявності систематичних та випадкових похибок вимірювальних та контролюючих елементів було проведено імітаційне моделювання.

Імітаційне моделювання процесу керування глибиною ходу вдавлюючого диска проводилось в середовищі Simulink програмного продукту MatLAB. На рис. 6 подано модель функціонування сошникової системи з корекцією положення вдавлюючого диска, що відповідає математичній моделі за рівняннями (4, 5, 6).

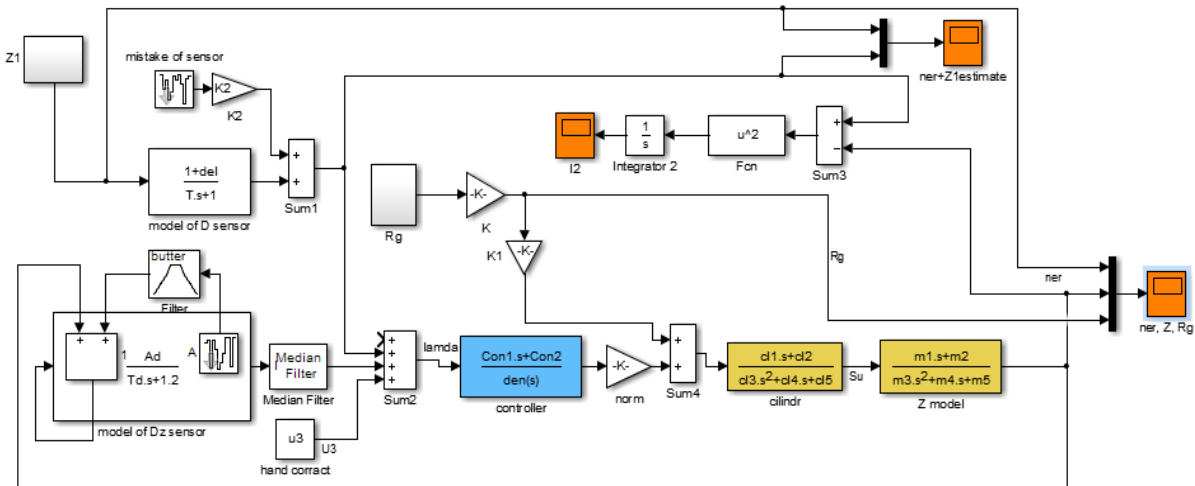


Рис. 6. Модель функціонування сошникової системи з корекцією положення вдавлюючого диска у середовищі Simulink

На першому етапі моделювання проаналізовано вплив систематичної і випадкової складових відносної помилки функціонування датчиків положення щілиноутворювача та вдавлюючого диска без урахування складової реакції ґрунту. В результаті виявлено, що для якісної заробки насіння на задану глибину необхідно використовувати датчики з мінімальними значеннями систематичної і випадкової помилок функціонування.

Наступним кроком імітаційного моделювання стала задача оцінки впливу твердості ґрунту (основна складова реакції ґрунту на щілиноутворювач) на якість функціонування вдавлюючого диска. Цей вплив важливо проаналізувати, тому що під час виконання лабораторно-польових досліджень з вимірювання твердості ґрунту на глибині заробки насіння в польових умовах визначено, що цей показник варіює в діапазоні 100...1300 кПа.

За умов використання вказаних вище значень динамічних параметрів двофазної сошникової системи, результат розв'язку процесу її функціонування у відповідності до структурної схеми автоматизованої системи корекції положення вдавлюючого диска (див. рис. 5) представлено на рис. 7.

Із рис. 7 видно, що механізм функціонування вдавлюючого диска (координата $Z(t)$) має на початку роботи перехідний процес у 0,35 с. Крім того має місце фазовий зсув у копіюванні нерівностей поверхні поля у 0,27 с, що, наприклад, при швидкості руху сівалки 2 м/с відповідає копіюванню зі зсувом близько у 0,54 м. Не витримується, також, задана амплітуда коливань вдавлюючого диска. Наприклад, на відрізку часу з 3 по 9 секунду амплітуда коливань нерівностей складає 9,8 см, в той час як амплітуда коливань вдавлюючого диска на цьому ж проміжку часу складає всього 7,5 см. Але найбільш суттєвим моментом є негативний вплив реакції ґрунту R_g на процес копіювання нерівностей. Як бачимо із рис. 7, відбувається виглиблення вдавлюючого диска з порушенням процесу копіювання до 1,8 см.

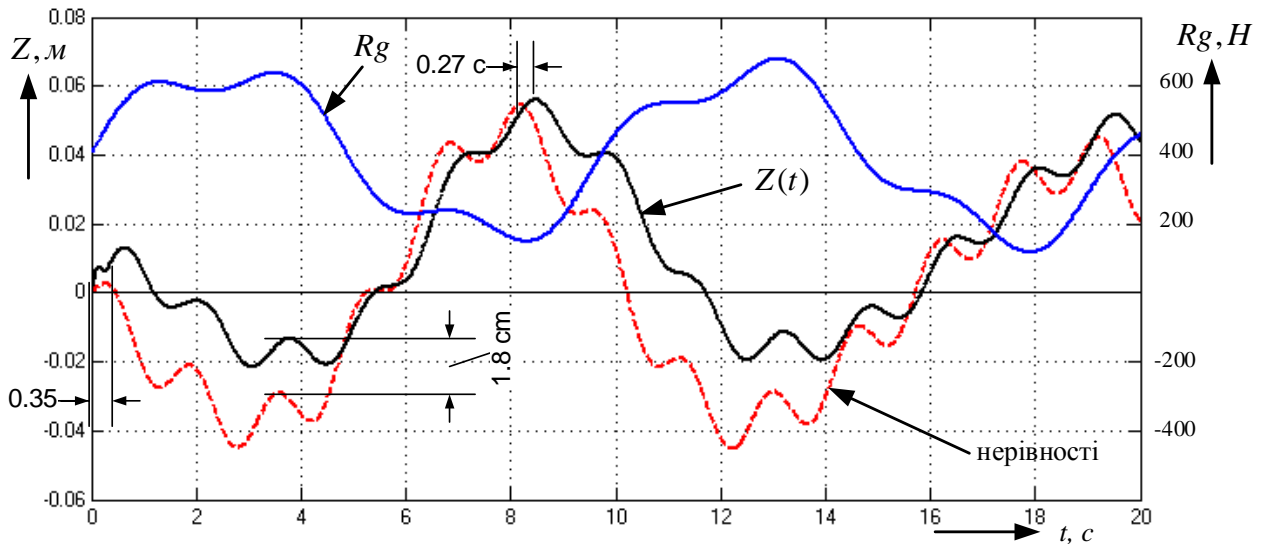


Рис. 7. Зображення процесу функціонування двофазної сошникової системи: $Z(t)$ – координата положення вдавлюючого диска; Rg – величина сили опору ґрунту

Багато бажано мати інваріантну до дії реакції ґрунту на вдавлюючий диск систему з усталеними і заданими режимами копіювання нерівностей поверхні поля. Комп'ютерне імітаційне моделювання дозволило визначити впливові фактори для досягнення поставленого завдання. Основними з таких факторів стали жорсткість пружини c_V (див. рис. 4), зменшення коефіцієнта демпфування d , а також стала часу, коефіцієнти затухання і підсилення модуля управління пневмоприводом. При величинах $c_V = 360$ кг/см, $d = 120$ Н с/м, $T = 0,1$ с, $\xi = 0,1$, $K = 4,9$ процес функціонування системи представлено на рис. 8.

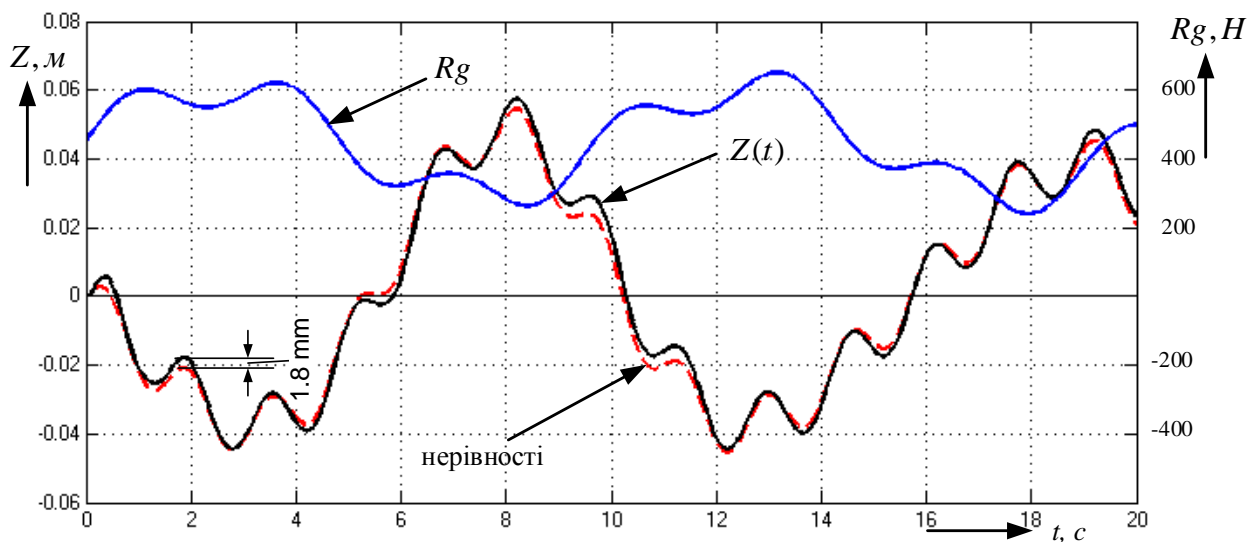


Рис. 8. Зображення процесу функціонування оптимізованої двофазної сошникової системи: $Z(t)$ – координата положення вдавлюючого диска; Rg – величина сили опору ґрунту

Похибка I відхилення оцінки глибини ходу вдавлюючого диска від заданої на заліковому періоді T функціонування сошника склала $1,5 \times 10^{-4}$.

В цілому, завдання з дотримання заданої глибини ходу вдавлюючого диска двофазної сошникової системи виконується задовільно. Динамічні параметри системи підбрані таким чином, що зміни місцевизначеної щільності ґрунту (через параметр Rg) не мають суттєвого впливу на стабільність ходу вдавлюючого диска, виглиблення якого зведено до мінімуму і не перевищує 1,8 мм. Відсутній також фазовий зсув у копіюванні нерівностей поверхні поля.

У третьому розділі «Програма і методика експериментальних досліджень» викладено програму та методику експериментальних лабораторних та лабораторно-польових досліджень двофазної сошникової системи, а також описано прилади та обладнання, що були використані для проведення досліджень.

Програмою експериментальних досліджень передбачалось: вивчення впливу нерівностей поверхні поля і просторової зміни твердості ґрунту на якість розміщення насіння двофазною сошниковою системою вздовж рядка та по глибині заробки в ґрунті; експериментальна перевірка теоретичних передумов прийнятих при побудові розрахункових моделей функціонування сошникової системи і її складових частин; визначення тягового опору пропонованої і базової сошникових систем; порівняльна оцінка запропонованих технічних рішень спрямованих на вдосконалення процесу сівби насіння просапних культур.

Для проведення лабораторних і лабораторно-польових досліджень було спроектовано і виготовлено лабораторно-польову установку (рис. 9).

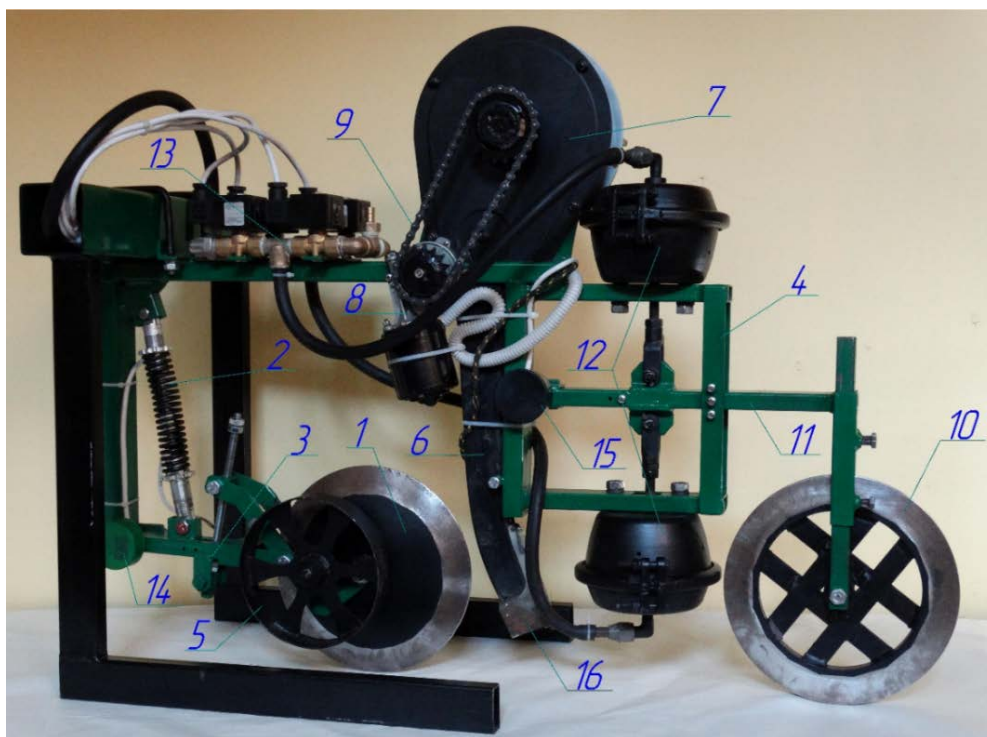


Рис. 9. Загальний вигляд лабораторно-польової установки: 1 – диск щілиноутворювач; 2 – амортизатор; 3 – повідок; 4 – рама; 5 – опорно-ходові колеса; 6 – насіннепровід; 7 – висівний апарат; 8 – електродвигун-редуктор; 9 – ланцюгова передача; 10 – вдавлюючий диск; 11 – повідок; 12 – пневмоциліндр; 13 – клапанно-розподільний механізм; 14, 15 – датчики положення повідків; 16 – індуктивний датчик

Лабораторно-польова установка є двофазною сошникомовою системою, що складається із диска щілиноутворювача *1*, який через підпружинений амортизатором *2* повідок *3* закріплений шарнірно до рами *4*, глибина ходу диска щілиноутворювача регулюється опорно-ходовими колесами *5*. Послідовно, в повздовжньому напрямку, встановлений висівний апарат *7* із насіннепроводом *6*. Вдавлюючий диск *10*, встановлений на повідку *11*, який шарнірно приєднаний до рами. Висівний апарат приводиться в рух за допомогою електродвигуна-редуктора *8* через ланцюгову передачу *9*.

Двофазна сошниковая система має автоматизовану систему регулювання і контролю положення вдавлюючого диска, яка, в свою чергу, складається із двох пневмоциліндрів *12*, клапанно-розподільного механізму *13*, датчиків *14* і *15* положення повідків, зовнішнього джерела стисненого повітря (на рис. не показано) та контролера Мікрол МК 121, який крім того керує роботою висівного апарата. Для фіксації моменту прольоту насінини в нижній частині насіннепровода встановлено індуктивний датчик *16*.

Загальна роботоздатність двофазної сошникової системи, взаємна робота вдавлюючого диска та щілиноутворювача, а також тяговий опір перевірялися в лабораторних умовах з використанням ґрунтового каналу із напрямними рейками *1*, по яких рухався візок *2* (рис. 10). До візка приєднувалась двофазна сошниковая система. Сам візок приводився в рух шляхом намотування тягового канату на тяговий барабан *3*, який, в свою чергу, приводився в обертальний рух через ланцюгову передачу *5* та ланцюговий варіатор, що кінематично з'єднаний з електродвигуном. Зміна швидкості переміщення візка здійснювалась за допомогою безступінчастого регулювання передаточного відношення ланцюгового варіатора в межах 0,5...3,0 м/с, що відповідає виробничим швидкостям руху сівалки при виконанні сівби. Довжина ґрунтового каналу складає 4 м, із яких залікова ділянка – 2,0 м.



Рис. 10. Загальний вигляд експериментальної лабораторної установки: *1* – напрямні рейки ґрунтового каналу; *2* – візок із двофазною сошникомовою системою; *3* – тяговий барабан; *4* – ланцюгова передача привода тягового барабана; *5* – балансір-довантажувач; *6* – рейка реєстратора пройденого шляху і швидкості руху; *7* – датчик n-coder

При проведенні лабораторно-польових досліджень пропонувану сошникову систему було встановлено замість серійної секції тринадцятого ряду на сівалку John Deere 7000 (рис. 11), що має шістнадцять рядків і агрегувалась із трактором John Deere 8400. Висівні апарати на всіх секціях сівалки були однакові (пневматичні, вакуумного типу, з індивідуальним електроприводом) і налаштовані на однакову норму висіву.



Рис. 11. Двофазна сошникову систему на сівалці John Deere 7000

Всі дослідження було проведено за стандартною методикою проведення повного факторного експерименту. Критеріями оптимізації прийняли: рівномірність відстаней між насіннями вздовж рядка, рівномірність глибини заробки, щільність ґрунту в зоні розміщення насіння та схожість насіння. Обробка експериментальних даних проводилася із застосуванням пакету прикладних програм «Statistica».

У четвертому розділі **«Результати лабораторно-польових досліджень роботи сошникової системи»** наведено результати експериментальних лабораторних та лабораторно-польових досліджень і виконано їх аналіз.

Для визначення амплітуди і частоти зміни реакції ґрунту по довжині гону на полі, що було підготовлене до сівби, було проведено лабораторно-польові дослідження, які полягали у вимірюванні твердості ґрунту пенетрометром FIELDSCOUT SC 900 вздовж залікової ділянки з інтервалом 0,1 м (при довжині залікових ділянок 5 м). Одну з них відображено на рис. 12.

Графік на рис. 12 показує, що твердість ґрунту змінюється в широких межах від 100 до 1300 кПа, середнє значення $x=571,4$ а середньоквадратичне відхилення $\delta=298,04$. Така просторова неоднорідність твердості ґрунту накладає додаткові умови функціонування посівного агрегату в полі, зокрема на забезпечення заданої глибини ходу сошника, що викликає необхідність постійно змінювати притискне зусилля.

За результатами вимірювань твердості ґрунту визначали автокореляційні функції, а по них визначалась спектральна щільність процесу.



Рис. 12. Зміна твердості ґрунту на глибині 0,05 м, кПа

Аналіз спектральних щільностей зміни твердості ґрунту по довжині гону не виявив явно виражених піків у діапазоні частот від 0 до 0,5 Гц. Спектральна щільність зміни твердості ґрунту даної ділянки вздовж лінії гону з кроком 0,5 м має максимум при частоті 0,075 Гц з поступовим зменшенням амплітуди при більших частотах.

Наведені дані свідчать про те, що твердість ґрунту по площі поля, яке підготовлене до сівби сільськогосподарських культур, змінюється в широких межах (до 1300 кПа) і не має домінуючих частот зміни вздовж лінії гону. Ці результати було враховано при визначенні вихідних умов для виконання імітаційного моделювання процесів функціонування двофазної сошникової системи (розділ 2).

У ґрунтовому каналі було проведено дослідження для перевірки якості заробки насіння двофазним способом та визначення характеру зони ущільнення ґрунту вдавлюючим диском. Вологість ґрунту на момент проведення досліджень приводили до 20 ± 2 %, контролювали вологоміром FIELDSCOUT TDR 300 Soil. На поверхні ґрунту утворювали щілину за допомогою виготовленого диска щілиноутворювача і доставляли в неї насінину, після чого, вздовж щілини протягували вдавлюючий диск, який зрізав ґрунт зі стінок борозни і накривав насінину (рис. 13 а). Як бачимо, після проходження вдавлюючого диска утворювалася зона ущільненого ґрунту (рис. 13 б) – вид зверху, та в розрізі (рис. 13 в).

За допомогою виготовленої лабораторно-польової установки в ґрунтовому каналі визначили різницю глибини ходу Δh щілиноутворювача і вдавлюючого диска, що необхідна для утворення в зоні залягання насіння щільності ґрунту Q в межах $1,1 \dots 1,3$ г/см³. Перед початком дослідження ґрунт доводили до вологості 20 ± 2 % і розпушували до середньої щільності 1 г/см³. Щільність, що утворювалася в зоні залягання насіння, визначали за методом Качинського, проте використовували спеціально створений бур об'ємом 8 см³.

Показник Δh змінювали на трьох рівнях: 1 см, 2 см і 3 см. Одночасно з цим перевірили вплив швидкості руху V двофазної сошникової системи на параметр оптимізації Q . Показник V змінювали на трьох рівнях: 1 м/с, 1,7 м/с і 2,4 м/с. Було побудовано поверхню відгуку зміни щільності ґрунту Q в залежності від показника Δh та швидкості руху V двофазної сошникової системи (рис. 14).

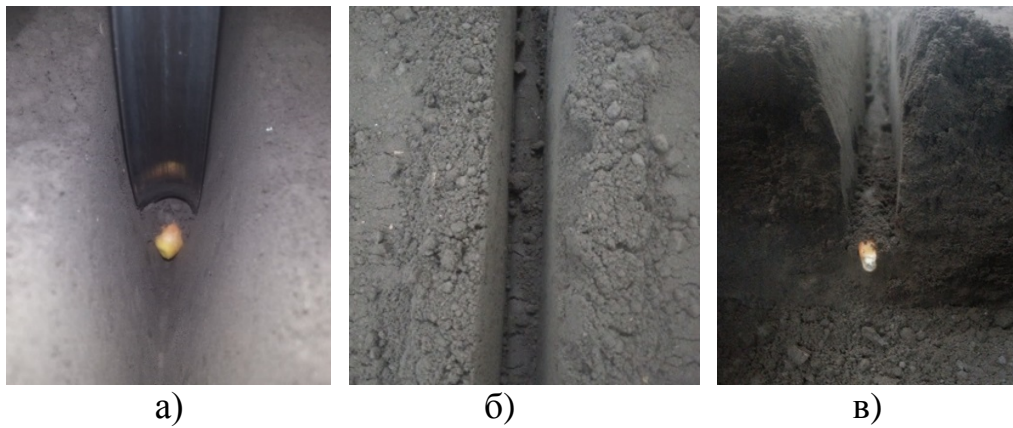


Рис. 13. Зображення реалізації двофазного способу заробки насіння: *a* – робота вдавлюючого диска; *б* – зона ущільненого ґрунту (вид зверху); *в* – розріз ґрунту

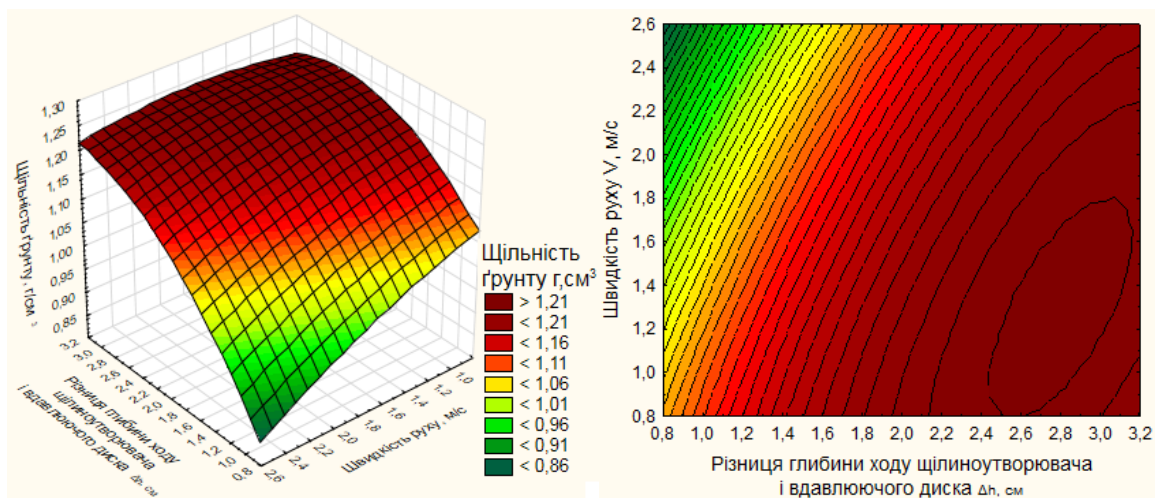


Рис. 14. Поверхня відгуку зміни щільності ґрунту Q в залежності від показника Δh та швидкості руху V

В результаті проведеного повного факторного експерименту 3^2 отримано рівняння регресії в натуральних значеннях:

$$Q = 0,9632 + 0,2335\Delta h - 0,0718V - 0,0533\Delta h^2 + 0,0507\Delta hV - 0,0272V^2. \quad (7)$$

Отримане рівняння регресії встановлює залежність між параметром оптимізації Q і наступними параметрами: швидкістю руху сошникової системи V та різницею глибини ходу Δh щілиноутворювача і вдавлюючого диска, що є найбільш впливовим фактором. За визначених умов оптимальні значення $\Delta h_{opt}=2,802$ см, $V_{opt}=1,29$ м/с.

Для порівняння енергетичних показників роботи запропонованої та базової сошникових систем у ґрунтовому каналі було проведено порівняльну оцінку тягового опору F запропонованої сошникової системи та базового аналога John Deere 7000 (рис. 15). Вимірювання проводились шляхом встановлення тензOMETричного датчика розтягу-стискання DEFY 500 «в розрив» між тяговим канатом і візком. До візка почергово закріплювали запропоновану та серійну сошникові системи. Числові покази вимірювання виводилися на виносний дублюючий індикатор DPM-5-2H.

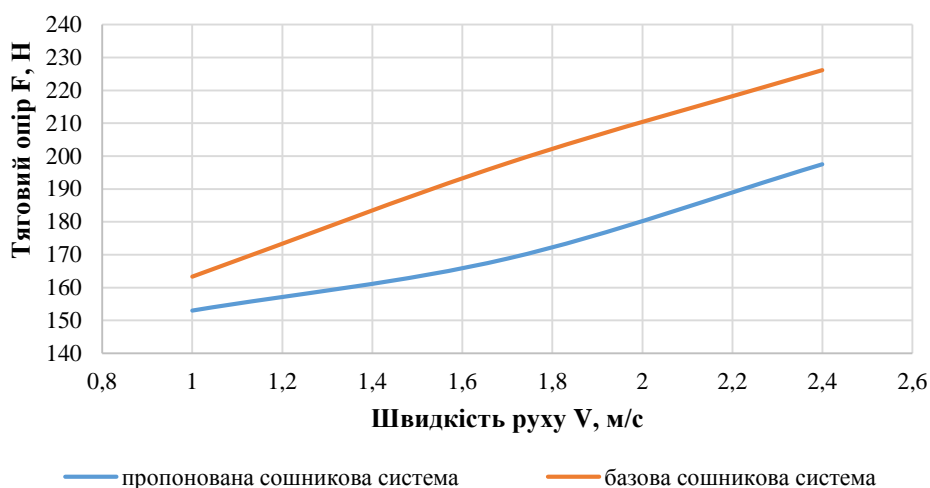


Рис. 15. Залежність тягового опору F від швидкості руху V пропонованої та базової сошникових систем

Графік на рис. 15 показує незначне зменшення тягового опору пропонованої сошникової системи по відношенню до базового аналога. Пояснити це можна більшою шириною борозенки, що утворює базова сошниковая система, а також роботою прикочувальних коліс базової секції, які закривають борозенку.

Для вивчення зміни коефіцієнту варіації глибини заробки насіння в залежності від швидкості руху сівалки та глибини ходу сошника було проведено лабораторно-польові дослідження. Дослідження проводили на полі № 6 «Агрономічної дослідної станції» під час сівби кукурудзи сорту «DEKALB 250». Ґрунт – чорнозем звичайний малогумусний, вологість коливалась в межах 18...22 %. Глибину заробки визначали після отримання сходів методом вимірювання етильованої частини рослини. Дослід проводили із двома факторами на трьох рівнях. Швидкість руху сівалки V встановлювали на трьох рівнях: 1 м/с, 2 м/с і 3 м/с, глибину ходу сошника H встановлювали 3 см, 5 см і 7 см. В результаті обробки даних побудовано поверхню відгуку (рис. 16).

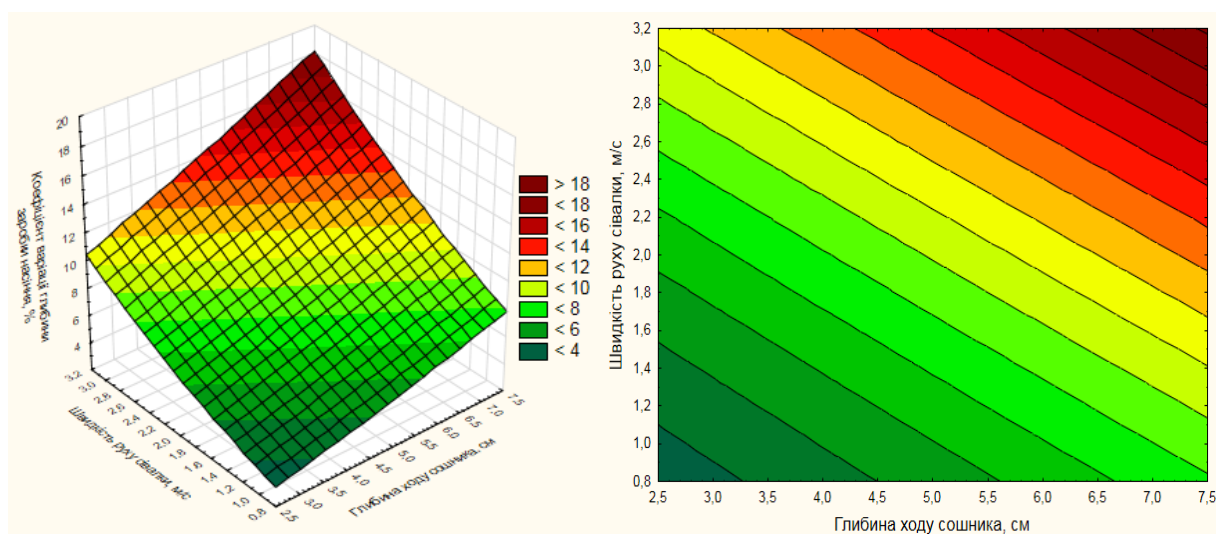


Рис. 16. Поверхня відгуку коефіцієнту варіації глибини заробки насіння W від швидкості руху сівалки V і заданої глибини ходу сошника H

Отримано рівняння регресії, що встановлює залежність між параметром оптимізації W і такими параметрами: швидкістю руху V сошникової системи та глибиною H заробки насіння. В даному випадку найбільш впливовим фактором є швидкість V :

$$W = 1,2 + 0,3442H + 0,3821V + 0,0325H^2 + 0,2762HV + 0,46V^2. \quad (8)$$

Для порівняльної оцінки роботи двофазної сошникової системи в польових умовах визначали коефіцієнти варіації глибини заробки насіння, відстані між рослинами в рядку, польову схожість насіння та середню щільність ґрунту в зоні залягання насіння. Всі показники визначали після отримання сходів шляхом вимірювання тридцяти послідовно розміщених рослин на п'яти окремих ділянках. Порівнювали тринадцятий (двофазна сошникова система) і чотирнадцятий ряди сівалки. Оброблені результати вимірювань представлені на рис. 17.

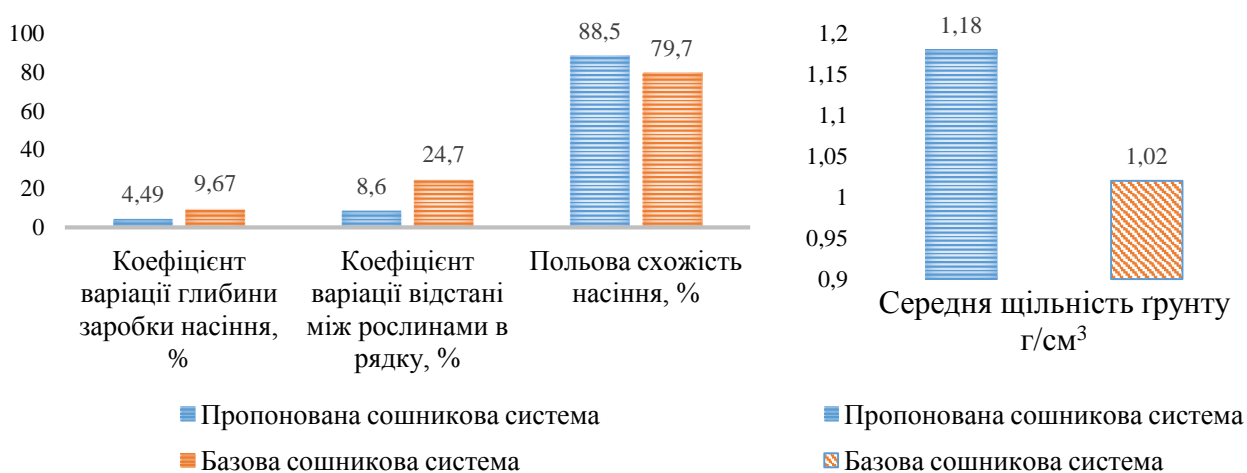


Рис. 17. Значення коефіцієнта варіації глибини заробки насіння, %; коефіцієнта варіації відстані між рослинами в рядку, %; польової схожості насіння, %; та середньої щільності ґрунту в зоні залягання насіння, г/см³

Із рис. 17 видно, що коефіцієнт варіації глибини заробки насіння зменшився близько у 2,1 раза, коефіцієнт варіації відстані між рослинами зменшився у 2,9 раза, а польова схожість зросла на 8,8 %. При цьому показник середньої щільності ґрунту в зоні залягання насіння зріс із 1,02 г/см³ при проведенні сівби базовою сошниковою системою до 1,18 г/см³ – пропонованою, що знаходиться в межах оптимальних значень 1,1...1,3 г/см³.

У п'ятому розділі «Розрахунок економічної ефективності та впровадження результатів досліджень» наведено розрахунки техніко-економічної ефективності впровадження двофазної сошникової системи.

Річний економічний ефект від впровадження досягається за рахунок покращення польової схожості насіння під час сівби пропонованою сошниковою системою по відношенню до базової. Річна економія складає 130 тис. грн на ділянці 100 га, або 1,3 тис. грн/га. Термін окупності витрат – 0,6 року.

Результати досліджень прийнято до впровадження при розробленні технічних рішень для вдосконалення процесів сівби просапних культур в сучасних технологіях землеробства на машинобудівних підприємствах ТОВ «Велес Агро ЛТД» (м. Одеса) та ПАТ «Ельворті» (м. Кропивницький).

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішено завдання покращення показників якості сівби просапних культур в сучасних технологіях землеробства шляхом обґрунтування параметрів двофазної сошникової системи для просапних сівалок.

1. Обґрунтовано перспективний напрям вдосконалення процесу сівби шляхом застосування двофазної сошникової системи на підставі проведеного аналізу існуючих способів і технічних засобів реалізації сівби просапних культур.

2. Розроблено математичну модель функціонування двофазної сошникової системи для просапних сівалок та проведено імітаційне моделювання процесу, що дозволило визначити впливові фактори для досягнення поставленого завдання. Основними з таких факторів стали жорсткість пружини $c_U = 360 \text{ кг} / \text{см}$, коефіцієнт демпфування $d = 120 \text{ Н с/м}$, стала часу $T = 0,1 \text{ с}$, коефіцієнти затухання $\xi = 0,1$ і підсилення $K = 4,9$ модуля управління пневмоприводом.

3. Встановлено взаємозв'язок конструктивно-технологічних параметрів сошникової системи двофазного способу заробки насіння з вимогами високоточного розподілу насіння просапних культур в ґрунті, а саме дотримання заданої глибини заробки та рівномірного розміщення насіння вздовж рядка, незалежно від місцевизначеної твердості ґрунту і стану нерівностей поверхні поля.

4. Проведено теоретичний та практичний аналіз процесу взаємодії робочих органів двофазної сошникової системи з ґрунтом, як цілісної динамічної системи, для якої обґрунтовано взаємозв'язок функціонування щілиноутворювача і вдавлюючого диска. Визначене оптимальне значення $\Delta h_{opt} = 2,802 \text{ см}$ різниці глибини ходу щілиноутворювача і вдавлюючого диска, яка необхідна для утворення в зоні залягання насіння щільності ґрунту в межах $1,1 \dots 1,3 \text{ г/см}^3$.

5. Експериментальні дослідження впливу обґрунтованих конструктивних параметрів двофазної сошникової системи на формування розподілу насіння в ґрунті показали зниження коефіцієнту варіації глибини заробки насіння в два рази (до 4,49 %), зниження коефіцієнту варіації відстані між рослинами майже в три рази (до 8,6 %), підвищення схожості насіння на 8,8 %, підвищення середньої щільності ґрунту в зоні залягання насіння з 1,02 до 1,18 г/см^3 у порівнянні з базовою сошниковою системою.

6. Проведено оцінку техніко-економічної ефективності використання сівалки, обладнаної двофазними сошниковими системами для сівби просапних культур згідно ДСТУ 4397:2005. Річний економічний ефект склав близько 1,3 тис. грн/га. Термін окупності витрат – 0,6 року.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Стаття у науковому фаховому виданні України

1. Аніскевич Л. В., Росамаха Ю. О. Шляхи покращення сівби просапних культур у технологіях точного землеробства. Вісник Житомирського

національного агроекологічного університету. 2014. Вип. 2 (45). Т. 4. Ч. 1. С. 157–162. *(Здобувачем розглянуто проблеми сівби просапних культур і запропоновано шляхи їх вирішення).*

**Статті у наукових фахових виданнях України,
включених до міжнародних наукометричних баз даних:**

2. Аніскевич Л. В., **Росамаха Ю. О.** Конструктивні особливості сошникових систем сучасних сівалок та їх відповідність вимогам точного землеробства. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Техніка та енергетика АПК. 2016. Вип. 241. С. 270–279. *(Здобувачем здійснено огляд конструктивних особливостей сошникових систем сучасних сівалок, виявлено їх недоліки та запропоновано сошникову систему для двофазного способу сівби із автоматизованим регулюванням заданої глибини загортання насіння).*

3. Аніскевич Л. В., **Росамаха Ю. О.** Структура навігаційного комплексу безпілотної польової машини. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Техніка та енергетика АПК. 2016. Вип. 251. С. 31–43. *(Здобувачем здійснено огляд автоматизованих систем управління рухом польової техніки).*

4. Аніскевич Л. В., **Росамаха Ю. О.** Імітаційне моделювання процесів функціонування двофазної сошникової системи. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Техніка та енергетика АПК. 2017. Вип. 275. С. 188–200. *(Здобувачем здійснено імітаційне моделювання можливостей двофазної сошникової системи виконувати заданий режим роботи в широкому діапазоні технологічних параметрів).*

5. Аніскевич Л. В., **Росамаха Ю. О.** Характер зміни твердості ґрунту на глибині заробки насіння. Вісник Львівського національного аграрного університету. Серія: агроінженерні дослідження. 2017. Вип. 21. С. 238–244. *(Здобувачем проведено аналіз місцевизначеної твердості ґрунту на різних агрофонах).*

Стаття у науковому виданні іншої держави

6. Аніскевич Леонид, **Росамаха Юрий.** Анализ функционирования двухфазной сошниковой системы для посева пропашных культур. MOTROL. Commission of Motorization and Energetic in Agriculture. 2015. Vol. 17. No 3. P. 46–55. *(Здобувачем проведено аналіз можливостей високоякісної заробки насіння просапних культур в ґрунт із забезпеченням рівномірного розподілу насіння в рядку із дотриманням заданої глибини загортання в ущільнене ядро ґрунту).*

Патенти України на корисну модель:

7. Аніскевич Л. В., **Росамаха Ю. О.** Патент України на корисну модель № 93137 Україна, А01С 7/20. Щілиноутворювач для сівби сільськогосподарських культур. Заявник і патентовласник Національний університет біоресурсів і природокористування України. № у 201401824; заявлено

24.02.2014; опубліковано 25.09.2014. Бюл. № 18. *(Здобувачем здійснено патентний пошук та запропоновано конструкцію диска щілиноутворювача).*

8. Аніскевич Л. В., **Росамаха Ю. О.** Патент України на корисну модель № 102745 Україна, А01С 7/20, А01В 63/12, А01В 49/04, А01С 5/06. Пристрій для сівби сільськогосподарських культур. Заявник і патентовласник Національний університет біоресурсів і природокористування України. № а 201313591; заявлено 22.11.2013; опубліковано 25.11.2015. Бюл. № 22. *(Здобувачем здійснено патентний пошук та запропоновано конструкцію механізму автоматизованого регулювання і стабілізації ходу вдавлюючого диска по глибині).*

9. Аніскевич Л. В., **Росамаха Ю. О.** Патент України на корисну модель № 107387 Україна, А01С 7/20. Сошникова система для сівби сільськогосподарських культур. Заявник і патентовласник Національний університет біоресурсів і природокористування України. № u 201507814; заявлено 06.08.2015; опубліковано 10.06.2016. Бюл. № 11. *(Здобувачем здійснено патентний пошук та запропоновано конструкцію механізму регулювання і стабілізації ходу вдавлюючого диска по глибині на основі пневмоциліндра).*

Тези наукових доповідей:

10. Росамаха Ю. О. Організація механізованих операцій сівби в технологіях точного землеробства. Актуальні проблеми наук про життя та природокористування: II Міжнародна науково-практична конференція молодих вчених, м. Київ, 16–18 жовтня 2013 року: тези доповіді. К., 2013. С. 152–153.

11. Росамаха Ю. О. Математична модель двофазної сошникової системи для сівби просапних культур. Інноваційний розвиток аграрної сфери: II Міжнародна наукова конференція, м. Київ, 19–21 березня 2015 року: тези доповіді. К., 2015. С. 39–41.

12. Росамаха Ю. О. Сошникова система для сівби сільськогосподарських культур. Сучасні проблеми землеробської механіки: XVI Міжнародна наукова конференція, м. Київ, 17–19 жовтня 2015 року: тези доповіді. К., 2015. С. 72–73.

13. Аніскевич Л. В., **Росамаха Ю. О.** Двофазна сошникова система. Сучасні технології виробництва зернових культур 2016: Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, 12 лютого 2016 року: тези доповіді. К., 2016. С. 100–101. *(Здобувачем запропоновано двофазний спосіб сівби просапних культур).*

14. Аніскевич Л. В., **Росамаха Ю. О.** Аналіз процесу роботи автоматизованої системи керування двофазної сошникової системи. Інноваційний розвиток аграрної сфери: IV Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, 29 березня 2016 року: тези доповіді. К., 2016. С. 99–101. *(Здобувачем запропоновано автоматизовану систему керування двофазною сошниковою системою).*

15. Аніскевич Л. В., **Росамаха Ю. О.** Дослідження характеру зміни твердості ґрунту на глибині заробки насіння. Сучасні технології аграрного виробництва: II Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, 9–10 листопада 2016 року: тези доповіді. К., 2016. С. 57–58. *(Здобувачем проведено аналіз місцевизначеної твердості ґрунту на різних агрофонах на глибині заробки насіння).*

АНОТАЦІЯ

Росамаха Ю. О. Обґрунтування параметрів двофазної сошникової системи для просапних сівалок. – 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, 2018.

У дисертації наведено дослідження, що мають на меті покращення показників якості сівби просапних культур в сучасних технологіях землеробства. Побудовано математичну модель руху двофазної сошникової системи та проведено імітаційне моделювання, що дало змогу визначити можливість двофазної сошникової системи виконувати заданий режим роботи при зміні таких параметрів функціонування як, наприклад, амплітуда і частота надходження нерівностей до сошникової системи, маса щілиноутворювача та вдавлюючого дисків, коефіцієнт затухання ξ , коефіцієнт підсилення K тощо, при наявності систематичних та випадкових похибок вимірювальних та контролюючих елементів. Порівняльну оцінку роботи двофазної сошникової системи проводили в польових умовах шляхом визначення коефіцієнтів варіації глибини заробки насіння, відстані між рослинами в рядку, польової схожості насіння та середньої щільності ґрунту в зоні розміщення насіння. Виконано техніко-економічну оцінку застосування двофазних сошникових систем на просапних сівалках.

Ключові слова: якість сівби, двофазна сошникова система, твердість ґрунту, автоматизована система керування.

АННОТАЦИЯ

Росамаха Ю. А. Обоснование параметров двухфазной сошниковой системы для пропашных сеялок. – 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, 2018.

В диссертации приведены исследования, имеющие целью улучшения показателей качества сева пропашных культур в современных технологиях земледелия.

Проведен анализ существующих способов и технических средств реализации сева пропашных культур.

Построена математическая модель движения двухфазной сошниковой системы и проведено имитационное моделирование, что позволило определить возможность двухфазной сошниковой системы выполнять заданный режим работы при изменении таких параметров функционирования, как, например, амплитуда и частота поступления неровностей к сошниковой системе, масса щелеобразователя и вдавливающего дисков, коэффициент угасания ξ ,

коэффициент усиления K и т. п., при наличии систематических и случайных погрешностей измерительных и контролируемых элементов.

Разработана программа и методика проведения экспериментальных исследований. Для проведения лабораторных и лабораторно-полевых исследований была специально спроектирована и изготовлена лабораторно-полевая установка.

Общая работоспособность двухфазной сошниковой системы, взаимная работа дисков (определили разницу глубины хода щелеобразователя и вдавливающего диска Δh , которая необходима для образования в зоне размещения семян плотности почвы Q в пределах $1,1 \dots 1,3 \text{ г/см}^3$), а также тяговое сопротивление были исследованы в лабораторных условиях с использованием почвенного канала.

Сравнительную оценку работы двухфазной сошниковой системы исследовали в полевых условиях путем определения коэффициентов вариации глубины заделки семян, расстояния между растениями вдоль ряда, полевой всхожести семян и средней плотности почвы в зоне размещения семян.

Выполнено технико-экономическую оценку применения двухфазных сошниковых систем на пропашных сеялках.

Ключевые слова: качество сева, двухфазная сошниковая система, твердость почвы, автоматизированная система управления.

ANNOTATION

Rosamakha Yu. O. Justification of the parameters of the two-phase coulter systems for the hoeing seed drill. – 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, 2018.

In dissertation the research was aimed at improving the quality of sowing of cultivating crops in modern agricultural technologies. The mathematical model of motion of two-phase coulter system is constructed. And service-simulating test was conducted which made it possible to determine the possibility of two-phase coulter systems to perform given mode of operation when changing such parameters such, for example, amplitude and frequency of arrival of unevenness to coulter system, mass of slit-like port and impressed disks, fading and magnifying coefficient and other, in presence of systematic and random errors metrical and control elements. The technical and economic assessment of application of two-phase coulter systems on row seeders was performed.

Key words: quality of sowing, two-phase coulter system, soil hardness, automated control system.

Підписано до друку 26.04.2018 р.
Ум. друк. арк. 0,9
Наклад 100 прим.

Формат 60×80/16
Обл.-вид. арк. 0,9
Зам. № 11873.

Віддруковано у редакційно-видавничому відділі НУБіП України
вул. Героїв оборони, 15, Київ-41, 03041
тел.: 527-81-55

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