

ВІДГУК

офіційного опонента доктора технічних наук, професора кафедри процесів, машин і обладнання Житомирського національного агроекологічного університету **Дерев'янка Дмитра Аксентійовича** на дисертаційну роботу **Волохи Миколи Петровича** «Моделювання механізованих технологічних процесів вирощування і збирання буряків цукрових», представлену на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва.

Актуальність теми, її зв'язок з науковими програмами

Вирішення продовольчого забезпечення населення є одним з головних завдань агропромислового комплексу України. Дана дисертація розглядає важливе питання аграрної галузі виробництва продукції рослинництва шляхом зростання продуктивності буряків цукрових, за роки незалежності України посіви яких катастрофічно зменшились. Разом з тим, виробництво цукру в Україні є одним з провідних стратегічних напрямів розвитку економіки країни, тому цукрова промисловість потребує власної сировини і підвищення врожайності буряків цукрових.

Проблемою процесу збирання є забрудненість бурякової сировини ґрунтом, особливо при роботі машин на твердих глибокогумусних чорноземах, коли при значних втратах і пошкодженнях коренеплодів, зростає кількість вивезеного до заводів родючого ґрунту, що є також важливою господарською проблемою збереження родючості ґрунтів, вирішити яку можливо шляхом інтенсифікації процесу первинного очищення коренеплодів від ґрунтових залишків.

Буряки цукрові є вимогливою культурою як до ґрунтово-кліматичних умов, так і до робочих органів машин, що призначаються для виконання низки складних технологічних процесів їх вирощування і збирання, тому продуктивність виробництва цукробурякової сировини визначається рівнем застосовуваних інтенсивних технологій і досконалістю технічних засобів на всіх етапах.

Дослідження таких складних багатопараметричних систем, за висновками автора, пов'язане з проблемою вибору обмеженої сукупності найбільш інформативних ознак шляхом розробки комплексних показників обчислювального алгоритму і його доцільно проводити на статистичних моделях з урахуванням ймовірнісної природи умов функціонування, що наразі є мало вивченим в порівнянні з іншими відомими методами моделювання.

Аналіз проблем дає підстави для висновку про актуальність і значимість теми роботи, яка спрямована на підвищення продуктивності виробництва буряків цукрових шляхом постановки і розв'язування поставлених задач на основі комплексного підходу до

багатокритеріального оцінювання складних механізованих технологічних процесів.

Дисертаційна робота виконувалася відповідно до науково-технічних програм Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН «Організувати організаційно-економічні моделі застосування прогресивних технологій виробництва цукрових буряків» (номер державної реєстрації 0104U002621, 2002–2005 рр.) та державних комплексних науково-дослідних робіт «Модернізація методичної системи підготовки майбутніх архітекторів» (номер державної реєстрації 0114U001605, 2014–2016 рр.) і бюджетних науково-дослідних робіт кафедри прикладної геометрії та комп'ютерної графіки Національного авіаційного університету на 2009-2012 н.р. (№ 33/10.03.01) – на тему «Геометричне моделювання складних систем» та на 2012-2015 н.р. (№ 65/10.01.03) на тему «Геометричне моделювання багатопараметричних складних систем».

Оцінка змісту дисертації

У першому розділі «Сучасний стан проблеми і основні задачі досліджень» викладено аналіз основних складових існуючих технологій і сучасних тенденцій розвитку технічних засобів вітчизняного і зарубіжного виробництва, виділено основні для даної культури технологічні процеси, на основі чого зроблений висновок, що серед низки складних, специфічних для даної культури технологічних процесів, визначальними є: підготовка ґрунту та насіння до посіву, проведення сівби та збирання урожаю буряків цукрових. Поряд з проблемою зменшення забрудненості коренеплодів при збиранні вирощеного урожаю за несприятливих агротехнічних та погодних умов, коли за умов тривалого заводського зберігання наднормативно пошкоджених і забруднених землею та залишками гички і бур'янів коренеплодів значно погіршуються кондиції сировини внаслідок ураження кагатною гниллю, а втрати цукру зростають у декілька разів, піднімається важлива господарська проблема збереження родючості ґрунтів.

В кінці розділу визначено мету та сформульовано задачі наукових досліджень.

У другому розділі «Теоретико-експериментальні передумови підвищення польової схожості насіння і рівномірності розміщення сходів за рахунок досконалості технічних засобів» наведені результати досліджень з визначення впливу агротехнічних та техніко-економічних показників технологічного процесу передпосівного обробітку ґрунту сучасних зарубіжних і вітчизняних агрегатів на польову схожість насіння; з розробки геометричної моделі поверхні розпушувача поверхневого шару ґрунту; отримані регресійні моделі коефіцієнта варіації розміщення сходів за сівби дражованим і інкрустованим насінням різних фракцій; визначено функціональну залежність впливу змінних факторів на показники точності розміщення насіння в ґрунті у формі математичної моделі і проведено її оптимізацію; досліджено аналітично траєкторію руху насінини при сівбі висівним апаратом пневматичного типу, приведені результати досліджень з розробки пристрою для сортування насіння за масою;

Автором доведено, що передпосівний обробіток ґрунту, який проводиться безпосередньо перед посівом, є першою складовою двоєдиного технологічного процесу сівби.

Доведено, що на польову схожість насіння в порівнянні з показниками вологості та температури ґрунту вагоміше впливають показники якості його виконання такі, як рівномірність заданої глибини та рівномірність грудочок розпушеного поверхневого шару ґрунту.

Польовими багаторічними виробничими дослідженнями, проведеними спільно з Українським науково-дослідним інститутом прогнозування та випробування техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва імені Леоніда Погорілого встановлено, що пневматичні сівалки зарубіжного і вітчизняного виробництва забезпечують вищу рівномірність розміщення сходів вздовж рядка, ніж краща серед вітчизняних сівалка ССТ-12В з механічними висівними апаратами. Усереднений коефіцієнт варіації $V_{\text{сх}}$ пневматичних сівалок при висіві дражованого насіння нормою 8–10 шт/м становить 49,1 %, а сівалки ССТ-12В – 69,2 %, за сівби інкрустованим насінням 56,7 % і 81,4 %. відповідно.

Статистичною обробкою отриманих даних встановлено, що зі збільшенням швидкості руху сівалки Y (1,0–2,0 м/с), і норми висіву N (5–11 шт/м) рівномірність розміщення насіння у ґрунті по довжині рядка погіршується, а залежності коефіцієнта варіації розміщення сходів $V_{\text{сх}}$ (%) описуються регресійними моделями типу полінома другого порядку.

Експериментальні дослідження знаряддя з новими робочими органами у складі котка борончастого і серійного культиватора УСМК-5,4Б показали, що розроблені автором робочі органи не поступаються серійним за показниками рихлення ґрунту, а за умов роботи на переущільнених ґрунтах суттєво їх переважають.

Найвищу польову схожість насіння одержали в разі проведення передпосівного обробітку ґрунту комбінованим знаряддям Компактор «К-600А» (Німеччина) в агрегаті з трактором ХТЗ-17221 завдяки найрівномірнішій глибині розпушуваного поверхневого шару ґрунту при високій якості його подрібнення. Проте за продуктивністю цей агрегат був на рівні МТЗ-80+УСМК-5,4Б і більше ніж вдвічі поступався одноопераційним агрегатам, особливо з трактором ХТЗ-121, хоча витрати пального при цьому зросли вдвічі.

За обґрунтованим висновком автора найкращі техніко-економічні показники забезпечує агрегат ХТЗ-121+АРВ-8,1-02, хоча за польовою схожістю насіння він не суттєво поступається Компактору. Витрати ж пального скорочуються вдвічі, а питома енергонасиченість процесу – втричі. Головною перевагою зазначеного агрегату є підвищення продуктивності роботи до 10 га/год, що більше ніж вдвічі порівняно з Компактором чи культиватором УСМК-5,4Б.

Дослідженнями автора, які підтверджуються даними літературних джерел доведено, що до комплексу факторів, які суттєво впливають на

польову схожість насіння, крім його посівних якостей, належить температура та вологість ґрунту, повітрямісткість, співвідношення між вмістом води й повітря, щільність насінневого ложа та вирівняність структурно-агрегатного складу поверхневого шару ґрунту. Зазначене має позитивний вплив на рівень польової схожості насіння та одночасність (дружність) сходів, що загалом підвищує стартовий розвиток рослин і, як наслідок, врожайність культури. При цьому одним із головних чинників підвищення врожайності та цукристості буряків цукрових є рівномірність розміщення сходів рослин, а на етапі сівби - точність висіву насіння по довжині рядка.

Теоретичними дослідженнями і пошуковими дослідженнями встановлено, що основний вплив на параметр оптимізації (коефіцієнт варіації розміщення насіння V_n) здійснюють наступні фактори: експлуатаційний – швидкість руху посівного агрегата (Y , м/с); технологічні – норма висіву насіння (N , шт/м) і середній інтервал між насінинами (S , см). Для дослідження рівномірності інтервалів між висіяними насінинами проводились модельні польові експерименти, побудовані поверхні відгуку. Аналіз двомірного перетину, який відображає спільний вплив взаємодії факторів показує, що область екстремуму коефіцієнта V_n знаходиться в межах $Y = 1,2 \dots 1,4$ м/с і $N = 7 \dots 8$ шт/м.

Розроблена детермінована модель залежності дальності польоту насінини від її маси, початкової швидкості і кута її нахилу до горизонту при роботі висівного апарату пневматичного типу, яка, з одного боку, дозволяє оцінити точність висіву, тобто рівномірність інтервалів між висіяними у ґрунт насінинами та дискретність, а з іншого – завчасно забезпечити якість сівби заданням потрібних параметрів робочого органа та відбором насіння.

У третьому розділі «Імітаційне моделювання передпосівного обробітку ґрунту і висіву насіння як головного двоєдиного процесу технології вирощування буряків цукрових» дисертантом запропоновано дворівневу структуру моделювання двоєдиного технологічного процесу сівби буряків цукрових, створено алгоритмічний опис розв'язання оптимізаційної багатокритеріальної задачі отримання максимальної польової схожості насіння шляхом пошуку в просторі критеріїв продуктивності на основі методу конфігурацій.

Задача управління технологічним процесом вирощування буряків цукрових є багатокритеріальною внаслідок того, що окремі технологічні операції мають власні локальні критерії. Основними критеріями на етапі передпосівного обробітку ґрунту є створення сприятливих умов для забезпечення максимальної польової схожості насіння, а на етапі сівби – точність розміщення насіння (потенційно – сходів), що разом підвищує ефективність «стартового» розвитку рослин. На значення цих критеріїв

впливає значна кількість некерованих факторів та параметрів технологічного процесу. Враховуючи наявність декількох критеріїв оцінки, автор прийшов до висновку про доцільність багатокритеріальної постановки задачі ефективного керування технологічним процесом.

На основі порівняльного аналізу відомих алгоритмів здобувачем створений алгоритм на основі методу конфігурацій, що деформуються, як найбільш придатний для вирішення поставленої задачі пошукової оптимізації.

Враховуючи складнощі проведення реального експерименту, в роботі запропоновано використання особливого виду імітаційного моделювання – агентне, де агент являє собою активний інформаційний об'єкт, яким може позначатись суб'єкт господарської діяльності, технологічний пристрій, організація, населений пункт і т. д. Залежно від того, який об'єкт являє собою агент, модель може відповідати високому рівню абстракції, середньому, низькому або поєднувати кілька рівнів, тобто ця парадигма моделювання є найбільш універсальною.

Однією з головних переваг агентного підходу до побудови моделі є можливість використання гетерогенних елементів моделі, приміром за допомогою коефіцієнта природньої нормалізації.

Автором розроблені базові засади моделювання технологічних процесів буряківництва як складних систем, обґрунтовано використання неформальних методів моделювання на основі вивчення закономірностей технологічного процесу та агротехнічних вимог буряківництва, запропонована дворівнева концепція моделювання, розроблені принципи побудови агентної імітаційної моделі двоєдиного технологічного процесу, методика вибору параметрів на основі методу деформованих конфігурацій.

Універсальність методу полягає в тому, що для визначення вимог до моделі використовуються зовнішні, внутрішні та вихідні параметри. Вектор зовнішніх параметрів Z відображає властивості зовнішнього середовища. Вектор внутрішніх параметрів X відображає властивості елементів, з яких система складається, або інакше – відображає внутрішній зміст системи. Вектор вихідних параметрів Y відображає властивості системи відносно інших систем і зовнішнього середовища. Між X , Y , Z має місце функціональне співвідношення: $Y = F(X, Z)$, яке є математичною моделлю системи при відповідному визначенні F .

Математичне моделювання дискретних слабо структурованих процесів і систем, для яких характерні множина критеріїв, стохастичність, інтервальність або нечіткість значень вихідних даних, все ще знаходиться у зародковому стані. Як варіант вирішення цієї проблеми автором пропонується концепція дворівневого моделювання в умовах невизначеності, коли технологічні процеси передпосівного обробітку ґрунту та сівби буряків цукрових необхідно моделювати на двох рівнях:

по-перше, обчислити значення параметрів технологічного процесу, які залежать від низки некерованих факторів; по-друге, вирішити багатокритеріальну задачу оптимізації технологічного процесу. При цьому задачі нижнього рівня вирішуються проведення експериментів, залученням експертів або методом статистичного моделювання.

У четвертому розділі «Експериментальні дослідження технологічного процесу збирання коренеплодів і первинного очищення їх від ґрунтових і рослинних залишків»

Експериментальними польовими дослідженнями автором доведено, що очищувальна здатність бітерного пристрою дискового копача, який виключно за рахунок ударної дії перекидає ворох коренеплодів, є низькою, а при роботі шнека з гвинтовою навивкою, коренеплоди разом з рослинними та ґрунтовими рештками скупчуються у задній зоні шнека, особливо на забур'яненних, твердих чи перезволожених ґрунтах, що також призводить до зниження продуктивності виконання ТП викопування та погіршення очищення коренеплодів.

З метою усунення цих недоліків розроблений копач з удосконаленим транспортуєм шнеком. Особливістю конструкції шнека-гелікоїда (як прямого, так і похилого) є зменшення кроку навивки в напрямку від центра дисків до їх периферії. Враховуючи цю умову, отримаємо обернену залежність: із зменшенням кроку шнека поступово збільшується швидкість обертання його робочої поверхні в результаті чого покращується якість очищення коренеплодів.

Польовими дослідженнями на спеціально розробленій однорядній установці, начіпленій на трактор ЮМЗ-7071, встановлено, що шнеки дискових копачів, виконані у формі гелікоїдів зі змінним кроком навивки в порівнянні з бітерним пристроєм покращують первинне очищення коренеплодів від грудок землі і рослинних залишків, особливо при роботі на ґрунтах підвищеної твердості, коли також суттєво зменшується маса пошкоджених коренеплодів.

У п'ятому розділі «Розробка комплексу машин для технології вирощування і збирання буряків цукрових з комбінованою шириною міжрядь» доведено, що сутність альтернативної технології виробництва буряків цукрових полягає у чергуванні основних і технологічних міжрядь у робочому захваті посівного агрегата за схемою:

$B = (nm + M)i$, де: B – ширина робочого захвату посівного агрегата, м; n – число основних міжрядь у блоці; m – ширина основних міжрядь 0,3 м; M – ширина технологічних міжрядь 0,45 м; i – кількість блоків $(nm + M)$, поєднаних у робочому захваті сівалки.

Проте реалізація такої технології, особливо збиральних робіт, є технічно складним завданням.

Автором теоретично обґрунтований, створений і апробований на виробничих посівах у Білоцерківській дослідно-селекційній станції та у с. Варковичі Дубнівського району Рівненської області і с. Петрівці Миргородського району Полтавської області, що належать до різних ґрунтово-кліматичних зон, комплекс машин для реалізації альтернативної технології з міжряддями шириною $4(3 \times 30 \text{ см} + 1 \times 45 \text{ см})$. в одному захваті 16-рядного посівного агрегату і культиватора для міжрядного обробітку та 8-рядних машин для роздільного збирання гички і коренеплодів. Оцінка біологічної урожайності буряків цукрових, проведена перед збиранням на площі 50 га, показала достовірну прибавку 42–58 ц/га (в залежності від густоти стояння 90–105 тис. шт./га) на фоні отриманої на контролі (технологія з міжряддями всуціль 45 см) урожайності 480–496 ц/га, що підтверджено актами впровадження в додатках до дисертації.

Новизна розробленого способу захищена патентом на винахід.

У шостому розділі «Економічна ефективність сучасних механізованих технологій вирощування та збирання буряків цукрових» приведені результати порівняльних досліджень технологій з різним рівнем матеріально-технічного забезпечення за показниками затрат праці та прямих експлуатаційних витрат, запропоновані підходи до вирішення важливої проблеми оптимізації технологій виробництва буряків цукрових, які відображають реальну картину в сільському господарстві, де спостерігається значне розшарування підприємств за рівнем рентабельності, а відтак, і за рівнем забезпеченості матеріально-технічними ресурсами. Розглянувши за такими критеріями оптимізації весь спектр технологічних операцій із врахуванням раніше отриманих результатів досліджень впливу окремих факторів на величину прямих експлуатаційних витрат і витрат на впровадження, для порівняльної економічної оцінки автором виділені три найтипівіші варіанти технологій вирощування та збирання буряків цукрових – на базі серійних, нових вітчизняних і зарубіжних машин.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків, рекомендацій, сформульованих у дисертації, їх достовірність і новизна

Достовірність отриманих результатів підтверджується використанням сучасного програмного забезпечення, наукових методів оброблення і аналізу теоретичних та експериментальних даних. Достовірність одержаних результатів досліджень також підтверджено актами про впровадження у виробництво.

Наукові положення, сформульовані в дисертації, мають усі ознаки новизни.

Автором теоретично і експериментально обґрунтовано концепцію комплексного моделювання технології вирощування буряків цукрових та алгоритм побудови агентних імітаційних моделей шляхом

багатокритеріального обґрунтування параметрів складних механізованих технологічних процесів вирощування і збирання буряків цукрових. Розроблена концепція об'єднує в собі моделі різних рівнів агрегування, що дає змогу враховувати велику кількість взаємопов'язаних між собою підсистем та елементів, на основі чого забезпечується визначення оптимальних технологічних змінних. Запропоновано метод побудови дворівневих статистичних моделей основних технологічних процесів; розроблена імітаційна модель двоєдиного технологічного процесу передпосівного обробітку ґрунту і сівби буряків на основі агентної парадигми; створений алгоритм вирішення багатокритеріальної задачі на основі методу деформованих конфігурацій; розроблений спосіб вирощування і збирання буряків цукрових з комбінованою шириною міжрядь і технологічний комплекс машин для його здійснення; розроблені геометричні моделі робочих поверхонь для рихлення ґрунту при передпосівному обробітку і очищення коренеплодів від ґрунтових і рослинних залишків при викопуванні; розроблена схема пристрою для передпосівного розділення насіння за масою в межах однієї фракції.

На основі проведених автором теоретичних та експериментальних досліджень показана необхідність вдосконалення роботи технічних засобів під час вирощування і збирання буряків цукрових, окреслено результати вирішення цієї проблеми та їх реалізація на підприємствах України.

Автореферат з достатньою повнотою відображає основний зміст дисертації, наукові положення, рекомендації і висновки, які в авторефераті і дисертації ідентичні.

Зауваження до дисертаційної роботи

1. Матеріалу з огляду літератури є забагато і бажано було б розширити теоретичний аналіз висвітлюваних питань. Слід також зауважити, що описовий матеріал зустрічається також в інших розділах, а його місце у 1-му розділі;
2. Доцільними були б дослідження німецького Компактора не тільки в агрегаті з ХТЗ-17221, а також з просапним трактором типу ХТЗ-121;
3. Недостатньо прикладів конкретних розрахунків, які розкривають змістовну суть імітаційної моделі;
4. Автором вжито термін «створений алгоритм...», хоча точнішим було б слово «адаптований»;
5. Математичну модель польоту насінини бажано представити графічно, зокрема як залежності відстані падіння насінини від її маси;
6. Недостатня теоретична розробка питання руху вороху коренеплодів по робочій поверхні шнека;
7. Для твердих глибокогумусних чорноземів як варіант викопувальних робочих органів бажано було б розглянути можливість застосування віброкопачів.

Виявлені недоліки не є суттєвими і не знижують якість виконаних досліджень та не впливають на важливість отриманих результатів і загальну позитивну оцінку виконаної наукової роботи.

Висновок.

Дисертаційна робота Волохи М. П. «Моделювання механізованих технологічних процесів вирощування і збирання буряків цукрових» виконана на актуальну тему, відповідно до плану науково-дослідних робіт.

Одержані в дисертаційній роботі результати теоретично обґрунтовані, підтверджені експериментально та пройшли виробничу перевірку, що буде корисним працівникам, спеціалістам і керівникам АПК, науковим та конструкторським організаціям.

Автор дисертації Волоха М. П. показав уміння самостійно аналізувати, встановлювати та вирішувати науково-прикладну проблему вдосконалення технічних засобів та механізованих технологічних процесів вирощування і збирання буряків цукрових, що сприяє підтвердженню їх продуктивності.

Дисертація є завершеною науковою працею, що в сукупності проведених теоретичних і експериментальних досліджень вирішує науково-прикладну і господарську проблему підвищення продуктивності виробництва буряків цукрових шляхом моделювання технологічних процесів і технічних засобів для їх вирощування і покращення якості коренеплодів за рахунок первинного їх очищення під час викопування.

Дисертаційна робота відповідає вимогам до докторських дисертацій, паспорту спеціальності 05.05.11 - машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва, достатньо апробована на наукових міжнародних конференціях та семінарах, основні положення якої надруковані у провідних фахових виданнях України і зарубіжних фахових виданнях.

Автор дисертації Волоха М. П. заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.05.11 - машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва.

Офіційний опонент:

професор кафедри процесів, машин і обладнання

Житомирського національного

агроекологічного університету,

доктор технічних наук, доцент



Д. А. Дерев'янко

