

## **ВІДГУК**

офіційного опонента на дисертаційну роботу Волохи Миколи Петровича на тему: «Моделювання механізованих технологічних процесів вирощування і збирання буряків цукрових», подану до захисту на спеціалізовану вчену раду Д 26.004.06 при Національному університеті біоресурсів і природокористування України Міністерства освіти і науки України на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва.

### **Актуальність теми**

У світовому землеробстві буряк цукровий вирощується на площі понад 9 млн га. В Україні з площі приблизно 1,7 млн га у 1990 р. зібрали 51 млн т буряків цукрових і виробили 5,6 млн т цукру, що становило біля 15 % усього світового обсягу. Впродовж років незалежності посіви буряків цукрових катастрофічно зменшувалися, внаслідок чого були втрачені зовнішні ринки збуту бурякового цукру, одним із світових лідерів виробництва якого багато років була Україна. У 2012 р. зібрали всього 17,55 млн т буряків і виробили 2,22 млн т цукру, в 2019 році вони зібрані на площі лише 220 тис. га.

Водночас, виробництво цукру в Україні і донині є одним з провідних стратегічних напрямів розвитку економіки країни і необхідною умовою незалежності від імпортерів та коливань цін на світовому ринку. Тому цукрова промисловість потребує власної сировини та підвищення врожайності буряків цукрових, що є надважливим завданням буряківників, особливо за умов такого значного скорочення площ посівів.

Наведене вказує на актуальність і значимість досліджень, спрямованих на підвищення продуктивності виробництва буряків цукрових за рахунок вирішення поставлених завдань на основі комплексного підходу до багатокритеріального оцінювання механізованих технологічних процесів шляхом їх моделювання, зокрема агентного імітаційного.

### **Ступінь обґрунтованості наукових положень висновків і рекомендацій, їх достовірність і новизна**

Достовірність і обґрунтованість наукових положень, висновків, рекомендацій у достатній мірі підтверджені теоретичними розрахунками, результатами виконаних експериментальних досліджень з використанням сучасних апробованих та розроблених автором методик.

Дисертаційне дослідження спрямовано на 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. Внаслідок проведення теоретичних та експериментальних досліджень отримано такі наукові та практичні результати.

1. У першому пункті стверджується, що виробництво цукру в Україні є одним з провідних стратегічних напрямів розвитку економіки країни і тому цукрова промисловість потребує збільшення власної сировини шляхом

підвищення врожайності буряків цукрових, що є надважливим завданням буряківників, особливо за умов такого значного скорочення площ посівів. Висновок підтверджується матеріалами вступу і першого розділу.

2. У другому пункті наведено, що визначальний вплив на рівень польової схожості насіння та рівномірність розміщення сходів, а відтак, на врожайність буряків цукрових, з-поміж інших агротехнічних показників складних технологічних процесів чинять наступні: рівномірність глибини заробляння насіння у ґрунт; фракційний склад грудочок розпушеного поверхневого шару ґрунту; рівномірність інтервалів між насінинами вздовж рядка.

Показники якості первинного очищення вороху коренеплодів від ґрунтових та рослинних залишків суттєво залежать від типу очисника копачів, особливо при роботі збиральних машин на ґрунтах підвищеної твердості і забур'янених полях, коли на заводські бурякоприймальні пункти разом з коренеплодами потрапляє значна кількість родючих ґрунтів і зеленої маси.

Висновок підтверджується матеріалами першого і другого розділів.

3. У третьому пункті відмічено, що серед сучасних машин для проведення передпосівного обробітку ґрунту найвища польова схожість насіння (64,8 %) забезпечується в разі використання комбінованого агрегата Компактор «К-600А» (Німеччина) у складі з трактором ХТЗ-17221. Проте за продуктивністю роботи цей агрегат більше ніж вдвічі поступається вітчизняним одноопераційним АРВ-8,1-02 чи АРВ-8,1-01, агрегатованим з орно-просапним трактором ХТЗ-121, при вдвічі більших витратах пального. Найвищі техніко-економічні показники забезпечує агрегат ХТЗ-121+АРВ-8,1-02, коли при найменших витратах пального продуктивність підвищується до 10 га/год, завдяки чому посівні роботи проводяться у значно стисліші строки, підвищується рівень польової схожості насіння і, як наслідок, урожайність культури.

Експериментально доведено, що розроблена геометрична модель гранної робочої поверхні у складі борончастого котка не поступається серійному культиватору УСМК-5,4Б за показниками агротехнічних вимог, а за щільності ґрунту 1,2–1,3 г/см<sup>3</sup> та вологості 16–18,5 % суттєво його переважає (4–6 % за НІР05=3,6 %) за кількістю грудочок діаметром до 25 мм у розпушеному шарі 34 ґрунту, що забезпечило суттєве підвищення польової схожості насіння на 2,6 % (НІР05=0,96 %) при зменшенні витрат пального на 0,2 кг/га.

Висновок підтверджено матеріалами другого розділу.

4. В четвертому пункті стверджується, що теоретико-експериментальними дослідженнями та виробничими польовими випробуваннями встановлено, що за показниками коефіцієнта варіації розміщення сходів  $V_{cx}$  вздовж рядка суттєву перевагу перед механічними сівалками типу ССТ-12В мають пневматичні сівалки вітчизняного (УПС-12, СУ-12) і, особливо, німецького («Мультикорн») виробництва (у середньому 49,1 проти 69,2 %).

В результаті аналізу регресійних моделей за критеріями спільного впливу взаємодії основних експлуатаційно-технологічних факторів на показники точності розміщення насіння при його висіві доведено, що область екстремуму коефіцієнта варіації  $V_n$  знаходиться в межах робочої швидкості сівалки  $Y=1,2-1,4$  м/с і норми висіву насіння  $N=7-8$  шт./м. Екстремального значення цей показник набуває за  $Y=1,35$  м/с та  $N=7,4$  шт./м.

Також наведено результати досліджень засобів сівби вітчизняних і закордонних.

Висновок підтверджено матеріалами другого розділу.

5. У п'ятому пункті теоретично встановлено, що дальність польоту насінини, яка падає відділившись від комірки висівуючого диска висівного апарата сівалки пневматичного типу, прямо залежить від її маси і початкової швидкості  $V_0$  і обернено – від кута  $\alpha$  нахилу її вектора до горизонту. При підвищенні  $V_0$  з 3 до 5 м/с зростає і дальність її падіння з висоти, наприклад, 9 см на дно борозни з 3,8 до 6,9 см відповідно; при збільшенні кута падіння з 6 до 7° дальність падіння з такої ж висоти зменшується з 8,8 до 5,1 см.

Виявлене при дослідженні варіювання маси насінини до 20–25 % залежно від сорту, спонукало до розробки пристрою, що виконує додаткову передпосівну підготовку насіння шляхом розділення (сортуння) його за масою в межах однієї фракції.

Висновок підтверджено матеріалами другого розділу.

6. У шостому пункті відмічено, що на основі аналізу відомих методів пошукової оптимізації визначено засадничі умови і принципи побудови статистичних агентних імітаційних моделей при моделюванні технологічних процесів і технічних засобів буряківництва, розроблено структуру дворівневого моделювання двоєдиного технологічного процесу передпосівного обробітку ґрунту і сівби.

Висновок підтверджено матеріалами другого розділу.

7. У сьомому пункті показано, що створений алгоритмічний опис розв'язання оптимізаційної багатокритеріальної задачі забезпечення максимальної польової схожості насіння, оснований на методі конфігурацій, що деформуються, реалізується через обчислення значень параметрів технологічного процесу, які залежать від некерованих факторів зовнішнього середовища, де взаємодіють агенти імітаційної моделі «ґрунт», «насінина», «агрегат» з основними початковими параметрами, що є вихідними даними для одного циклу оптимізації.

Висновок підтверджено матеріалами третього розділу.

8. У восьмому пункті відмічалось, що встановлені межі варіювання польової схожості насіння від 68 до 57 % за умов зміни глибини передпосівного обробітку ґрунту, як головного чинника одержання сходів, від мінімальної 3,3 см до максимальної 3,7 см. Порівнянням одержаних значень показників імітаційного моделювання, нормалізованих за шкалою відношень, доведено переваги агрегата ХТЗ-121+АРВ-8,1-02 – 0,9 відносних одиниць за інтегральним критерієм.

Висновок підтверджено матеріалами третього розділу.

9. В дев'ятому пункті показано результати досліджень нових шнеків-транспортерів дискового копача, польовими експериментальними дослідженнями яких встановлено, що при роботі очисних поверхонь з навивкою у формі прямого і похилого гелікоїдів змінного кроку за твердості ґрунту вище 3,5 МПа кількість грудок діаметром більше 50 мм у разі використання експериментальних гелікоїдальних шнеків істотно зменшується як у варіантах між собою (прямий, похилий), так і відносно контролю (12,3 %, 16,9 % проти 19,8 % за НР05=2,5%). За твердості ґрунту 4,0–4,5 МПа



забрудненість грудками зменшувалася майже вдвічі (17,9 %, 18,5 % проти 35,7%).

Висновок підтверджено матеріалами четвертого розділу.

10. В десятому пункті відмічено теоретично розроблений технологічний комплекс машин для реалізації нового способу вирощування і збирання буряків цукрових з комбінуванням (поєднанням) основних (30 см) і технологічних (45 см) міжрядь за схемою (3×30 см + 1×45 см) в одному захваті 16-рядного посівного агрегату і культиватора для міжрядного обробітку та 8-рядних машин для роздільного збирання гички і коренеплодів. Польовими виробничими дослідженнями машин у різних ґрунтово-кліматичних зонах бурякосіяння встановлено, що показники якості їх роботи відповідають нормативам агротехнічних вимог.

Спосіб дає можливість отримати додатково з кожного гектара 5,6–6,0 т коренеплодів з рівномірнішою масою і підвищеною на 0,4–0,6 пункти цукристістю.

Висновок підтверджено матеріалами п'ятого розділу.

11. В одинадцятому пункті приведено економічний ефект впровадження технологій на базі нових вітчизняних і зарубіжних машин пов'язане з додатковими витратами на придбання техніки та технологічних матеріалів, тому прямі експлуатаційні витрати на 1 га зростають відповідно до 30029 і 45766 грн порівняно з традиційною технологією на базі серійних машин (25511 грн/га). Проте завдяки підвищенню врожайності (з 37 до 63 т/га) витрати в розрахунку на одиницю продукції значно знижуються (з 131 до 26 люд.-год/га), насамперед, за рахунок суттєвого скорочення затрат праці на вирощування і, особливо, при догляді за посівами.

За однофазного способу збирання врожаю серед нових вітчизняних комбайнів найбільш ефективним є застосування самохідного бункерного комбайна КБС-6 «Збруч», коли затрати праці зменшуються в 4 рази, а витрати палива – на 26 кг/га порівняно із серійним комплексом машин КС-6Б+БМ6Б+ОГД-6А+4шт ПТС-6А для роздільного (двофазного) збирання.

Висновок підтверджено матеріалами шостого розділу.

Загальні зауваження до висновків:

- окремі висновки містять, на наш погляд, не суттєву інформацію;
- деякі висновки потребують корегування.

### **Наукова новизна одержаних результатів**

– розроблено методи і структуру дворівневого моделювання двоєдиного механізованого технологічного процесу передпосівного обробітку ґрунту і сівби буряків цукрових як складної системи;

– створено алгоритмічний опис розв'язання оптимізаційної багатокритеріальної задачі отримання максимальної польової схожості насіння шляхом пошуку локальних критеріїв продуктивності окремих технологічних операцій на засадах методу конфігурацій, що деформуються;

– розроблено комплекс машин для реалізації нового способу вирощування і збирання буряків цукрових з комбінованою шириною (3×30 см + 1×45 см) міжрядь;

- удосконалено геометричну модель робочої поверхні зубчастого типу для рихлення поверхневого шару ґрунту при передпосівному обробітку;
- удосконалено форму робочої поверхні гелікоїдального шнека-очишувача дискового копача для первинного очищення викопаних коренеплодів від ґрунтових і рослинних залишків за умов підвищеної і нормальної твердості ґрунту;
- розроблено конструкцію пристрою для передпосівного розділення насіння за масою в межах однієї фракції;
- розроблено принципи побудови моделі двоєдиного технологічного процесу.

Достовірність одержаних результатів та висновків ґрунтується на моделюванні механізованих технологічних процесів підготовки ґрунту і насіння до посіву, сівби, викопування коренеплодів і відокремлення від них домішок з використанням основних положень теорії управління складними системами і прийняття рішень, методології імітаційного моделювання в середовищі AnyLogic, теоретичної і землеробської механіки, прикладної геометрії та математичної статистики. Експериментальні дослідження на стендах, однорядних установках і зразках модернізованих машин проводились в лабораторних, лабораторнопольових та виробничих умовах з використанням методів планування і реалізації багатофакторних експериментів. Статистична обробка експериментальних даних та креслення виконувалися з використанням прикладних програм Statistica, Maple, MS Excel, КОМПАС.

А також, використання матеріальної бази для лабораторних і польових досліджень і професійної підготовки автора дисертації.

Тому, на підставі викладеного матеріалу, одержані результати, які відображені у висновках, можна вважати достовірними.

### **Практичне значення одержаних результатів, що отримані дисертантом**

Розроблено:

- комплекс машин (сівалка, культиватор, гичко- та коренезбиральна машина, очисник головок коренеплодів) для реалізації нового способу вирощування і збирання буряків цукрових з комбінованою шириною міжрядь, що забезпечує підвищення врожайності коренеплодів на 5,6–6,0 т/га;
- розпушувач зубчастого типу знаряддя для передпосівного обробітку ґрунту, що забезпечує суттєве підвищення польової схожості насіння на 2,6 % при зменшенні витрат пального на 0,2 кг/га;
- пристрій для передпосівного розділення насіння за масою в межах однієї фракції, що за умови варіювання маси насінини до 20–25 % покращує рівномірність інтервалів між висіяними у ґрунт насінинами;
- гелікоїдальні прямий і похилий шнеки дискового копача для очищення коренеплодів від ґрунтових і рослинних залишків, які за умов роботи на ґрунтах підвищеної твердості (4,0–4,5 МПа) забезпечують зменшення забрудненості вороху коренеплодів великими грудками ( $\varnothing > 50$  мм) майже вдвічі (17,9 %, 18,5 % проти 35,7 %) та суттєве зниження маси пошкоджених коренеплодів на 6,0–8,5 %, в порівнянні з серійним бітерним очисником.

Результати розробок і досліджень впроваджено у Білоцерківській дослідно-селекційній станції, Державному підприємстві «Дослідне господарство Шевченківське» Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, Приватному підприємстві імені Зубковського Полтавської області; передано до використання у Публічне акціонерне товариство «Борекс» та у навчальному процесі Національного університету біоресурсів і природокористування України при підготовці фахівців зі спеціальності «Агроінженерія» освітнього ступеня «Магістр»; використано у методичних 5 рекомендаціях з освоєння та апробації наукових розробок Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН.

### **Відображення наукових положень в публікаціях**

Основні положення дисертації викладено у 88 наукових працях, з яких монографія, 10 статей у наукових фахових виданнях України, 9 статей у наукових фахових виданнях України, включених до міжнародних наукометричних баз даних, 12 статей у наукових виданнях інших держав, 21 стаття в інших наукових виданнях, 2 патенти на винахід, 6 патентів на корисну модель, 5 методичних розробок, 22 тези наукових доповідей.

### **Структура та обсяг дисертації**

Загальний обсяг дисертації становить 343 сторінки. Робота складається з анотацій, вступу, 6 розділів, висновків, списку використаної літератури із 274 найменувань (35 латиницею) та додатків. Дисертація містить 119 рисунків і 22 таблиці.

### **Аналіз дисертаційної роботи**

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертації, приведено загальну характеристику роботи.

У першому розділі (с.47-102) «Сучасний стан проблеми і основні задачі досліджень» викладено аналіз етапів існуючих технологій і сучасних тенденцій розвитку технічних засобів вітчизняного і зарубіжного виробництва, виділено основні технологічні процеси вирощування і збирання буряків цукрових, на основі чого визначено напрями проведення дослідження. Значних результатів теоретичних та експериментальних досліджень з розробок індустриальних технологій і машин для вирощування та збирання буряків цукрових досягнуто під керівництвом відомих вчених та їх учнів.

Стосовно розробки технічних засобів і технологій у рослинництві широко відомі в Україні і за її межами праці вітчизняних науковців.

Аналіз досліджень вказаних та інших авторів, проведений стосовно оцінки значимості окремих етапів технології виробництва буряків цукрових свідчить про те, що серед низки складних механізованих технологічних процесів, визначальними є підготовка ґрунту та насіння до посіву, сівба та збирання урожаю. На підставі цього визначено завдання дослідження.

Зауваження до першого розділу:

- дуже багато уваги приділено засобам механізації по різних групам машин. Деякі машини представлені в декількох проекціях. На нашу думку, приділено занадто багато уваги цьому матеріалу. Також, в



цьому розділі, при визначенні параметрів якості операції не достатньо уваги приділено глибині розробки насіння, натомість, на перше місце автор ставить схожість, але автор не звертає увагу на рівномірність заробки насіння і якість загортання насіння у ґрунті. Також, автор, при розгляді сівби, називає параметром, який впливає на якість сівби, твердість ґрунту, але, в даній ситуації, треба враховувати не твердість, а щільність ґрунту.

У другому розділі (с.103-136) «Теоретико-експериментальні передумови підвищення польової схожості насіння і рівномірності розміщення сходів за рахунок досконалості технічних засобів» приводяться теоретико-експериментальні передумови підвищення польової схожості насіння і рівномірності розміщення сходів.

Зауваження до другого розділу:

- у самій назві даного розділу варто було назвати спочатку розміщення насіння у ґрунті, а потім – польову схожість.
- автор приділяє достатньо уваги моделюванню поверхонь робочих органів машин для проведення передпосівного обробітку ґрунту, і, в той же час, автор приводить схеми поперечного перерізу голчастих зубців ґрунтообробного знаряддя.
- на рис. 2.5 показана схема агрегату передпосівного обробітку ґрунту. Достатньо було б обмежитись назвою цього засобу механізації.
- в цьому розділі автор навів графіки польової схожості від глибини заробки, залежність продуктивності агрегатів від ширини захвату і витрат пального, а також вплив швидкості руху сівалок з різними нормами висіву.

У третьому розділі (с.138-219) «Імітаційне моделювання передпосівного обробітку ґрунту і висіву насіння як головного двоєдиного процесу технології вирощування буряків цукрових» представлено моделювання передпосівного обробітку ґрунту і висіву насіння, як головного двоєдиного процесу технології вирощування буряків цукрових. Тут показано основні положення теорії моделювання складних об'єктів. Автор розглянув вимоги до складних технологічних процесів. Також приведено принципи побудови математичної моделі технологічного процесу вирощування буряків цукрових. Автор описує планування багатфакторного експерименту.

Зауваження до третього розділу:

- цей розділ дуже об'ємний по суті і по кількості сторінок. В якості побажання рекомендовано скоротити його.
- не скрізь після формул поставлено номер, тому при посиланні складно назвати формулу без її номера.

У четвертому розділі (с.220-249) «Експериментальні дослідження технологічного процесу збирання коренеплодів і первинного очищення їх від ґрунтових і рослинних залишків» представлені експериментальні дослідження технологічного процесу збирання коренеплодів і первинного очищення їх від ґрунтових і рослинних залишків.

В таблиці 4.1 типи гичкозрізів і марки гичкозбиральних машин представлено схему гичкозріза, фірма-виробник і марка машини, але щодо інформації про вплив на технологічний процес, вона недостатня.

В якості зауваження матеріал цього розділу рекомендовано краще б розмістити в розділі 2.

У п'ятому розділі (с.250-281) «Розробка комплексу машин для технології вирощування і збирання буряків цукрових з комбінованою шириною міжрядь» наведено розробку і впровадження у виробництво комплексу машин для технології з комбінованою шириною міжрядь і підтверджено експериментами (таблиці 5.1, 5.2, 5.3). Це цікаве нововведення і експерименти підтверджують позитивний ефект (рисунки 5.3, 5.4, таблиця 5.4). В якості побажання рисунки 5.6, 5.7, 5.8 краще було б помістити в розділ 2.

У шостому розділі (с.282-292) «Економічна ефективність сучасних механізованих технологій вирощування та збирання буряків цукрових» розміщено економічну ефективність сучасних механізованих технологій вирощування та збирання буряків цукрових, де змістовно це показано в таблицях 6.1 і 6.2.

#### **Відповідність дисертації встановленим вимогам**

Матеріали докторської дисертації Волохи Миколи Петровича не містять матеріалів його кандидатської дисертації.

#### **Зауваження та пропозиції щодо змісту та оформлення дисертаційної роботи**

Стосовно дисертаційної роботи та автореферату вважаю за доцільне відмітити такі зауваження та побажання.

1. На нашу думку, автором дисертації недостатньо приділено уваги глибині заробки насіння.

2. При оцінці якості процесу спочатку треба звернути увагу на розміщення насіння у ґрунті, а після цього – привести значення польової схожисті.

3. Для більш оперативного корегування операцій технологічного процесу недоцільно об'єднувати такі важливі технологічні операції, як передпосівний оборобіток ґрунту і сівбу.

4. В якості побажання: треба продовжувати імітаційне моделювання з метою визначення кращих параметрів робочих органів і технологічних процесів.

#### **Висновок**

Дисертаційна робота Волохи Миколи Петровича проведена за актуальною темою наукового пошуку, основні результати достатньо обґрунтовані, узагальнені наукові положення зрозуміло адаптовані для використання на практиці. Нові рішення запропоновані здобувачем добре аргументовані та об'єктивно оцінені у порівнянні з уже відомими. Рівень системності досліджень свідчить про достатню наукову зрілість автора, його здібностей до логічного та послідовного ведення досліджень для отримання об'єктивних даних та формулювання з них висновків теоретичного та практичного значення. Основні результати досліджень в повній мірі були



опубліковані автором у фахових наукових виданнях України та інших держав, пройшли належну апробацію та були схвально оцінені науковцями.

Надані зауваження носять дискусійний характер і не принципові.

Дисертаційна робота Волохи Миколи Петровича на тему «Моделювання механізованих технологічних процесів вирощування і збирання буряків цукрових» являє собою завершену наукову працю і за своїм науковим рівнем та практичною цінністю, змістом і оформленням відповідає вимогам Порядку присудження наукових ступенів, які пред'являються до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.05.11 «Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва».

На підставі цього вважаю, що Волоха Микола Петрович заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.05.11 «Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва».

Офіційний опонент, доктор технічних наук,  
професор, професор кафедри сільськогосподарських машин  
Харківського національного технічного університету  
сільського господарства імені Петра Василенка

Морозов Іван Васильович

Підпис Морозова Івана Васильовича засвідчую.

