

## ВІДГУК

офіційного опонента доктора технічних наук, старшого наукового співробітника **Погорілого Сергія Петровича** на дисертаційну роботу Кувачова Володимира Петровича «Механіко-технологічні основи функціонування ширококоліїних засобів механізації сільськогосподарського виробництва», подану на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва

### **1. Актуальність теми досліджень**

Питання впровадження у сільськогосподарське виробництво колійної системи землеробства та раціонального комплектування і агрегування ширококоліїних енерготехнологічних засобів, які спеціально пристосовані під параметри постійної технологічної колії, дає змогу суттєво підвищити ефективність розв'язання проблеми ущільнення та деградації ґрунтів та впровадженні точного та цифрового землеробства, зменшити собівартість і питомі енерговитрати на виготовлення продукції рослинництва. Проблемним питанням у цьому напрямку досліджень є те, що практична реалізація основних принципів колійної системи землеробства традиційними тракторно-комбайновими засобами механізації сільськогосподарського виробництва ускладнена певними проблемами при їх використанні. До яких слід віднести узгодження параметрів ходових систем серійних машинно-тракторних і комбайнових агрегатів параметрам постійної технологічної колії, тягових властивостей енергозасобів із шириною захвату сільськогосподарських машин та знарядь тощо.

Найбільш доцільними, з точки зору ефективності використання в колійній системі землеробства енерготехнологічних засобів механізації, є спеціально адаптовані для цього ширококоліїні агрозасоби, які можуть максимально використовуватись як на операціях основного і поверхневого обробітку ґрунту, так і під час технологічних процесів вирощування сільськогосподарських культур. Для реалізації цієї концепції можуть бути використані спеціально створені засоби механізації сільськогосподарського виробництва (наприклад, мостовий трактор Даулера, BIOTRAC, ASA-Lift WS-9600, агрозасіб ТДАТУ та ін.), які представляють собою енерготехнологічні засоби сільськогосподарського призначення з широкою колією (більшою за 3 м). Їх відмінною рисою від інших енергетичних засобів є те, що вони рухається по слідах постійної технологічної колії, яка розташована на відстані, рівному їх прольоту, в зоні якої і розміщуються робочі органи машин та знарядь. Саме такі компоновальні схеми зазначених машин забезпечують можливість створення на їх базі нових агрегатів із високою ефективністю виконання технологічних операцій в умовах колійної системи землеробства.

Тому одним із головних напрямків вирішення проблеми практичної реалізації потенційних техніко-експлуатаційних та технологічних властивостей ширококоліїних агрозасобів є розробка комплексу заходів, що пов'язана зі

методологією вибору конструктивних схем, обґрунтуванням параметрів та режимів їх роботи з розробкою принципово іншої схеми агрегування таких машин, які функціонують в умовах колійної системи землеробства. У запропонованій постановці наукова проблема є актуальною, потребує науково обґрунтованого її вирішення та матиме важливе теоретичне і практичне значення.

## **2. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій сформульованих в дисертації, їх достовірність і новизна**

Задачі дисертаційної роботи достатньо обґрунтовані, прийняті вихідні положення та припущення – аргументовані. Висновки та рекомендації обґрунтовані теоретично та підтверджені експериментально.

Науковий рівень дисертації відповідає встановленим вимогам. Автором проведено теоретичні та експериментальні дослідження з розробки механіко-технологічних основ використання ширококолійних засобів механізації сільськогосподарського виробництва в умовах колійної системи землеробства, які забезпечують зменшення енергетичних, матеріальних та трудових витрат.

Інтерпретація одержаних результатів дозволила дисертанту запропонувати нові підходи до розробки і реалізації системи ефективного використання ширококолійних засобів механізації сільськогосподарського виробництва для створення на їх основі високопродуктивних, енергоощадних та екологічно безпечних сільськогосподарських агрегатів, спеціально пристосованих для роботи в умовах колійної системи землеробства.

Автором розроблені математичні моделі плоско-паралельного руху ширококолійних засобів механізації сільськогосподарського виробництва за кінематичним або силовим принципом здійснення ними повороту, які дозволяють здійснювати достовірне обґрунтування нових схем, конструктивних параметрів, режимів роботи та параметрів керуючого впливу з огляду на їх прийнятну керованість, стійкість і плавність руху з урахуванням кінематичних і силових взаємозв'язків їх енергетичної та технологічної частин.

Результати кандидатської роботи у докторській дисертації дисертантом не були використані.

Основні результати роботи доповідалися, обговорювалися та отримали позитивну оцінку у понад 16 міжнародних науково-практичних конференціях, в тому числі 6 за кордоном.

За результатами досліджень автором дисертації зроблено тринадцять основних висновків.

**Перший висновок** базується на основі аналізу досліджень з реалізації основних принципів колійної системи землеробства традиційними тракторно-комбайновими технологіями. У висновку зазначено, що найбільш перспективним і доцільним в умовах колійного землеробства є використання ширококолійних засобів механізації сільськогосподарського виробництва. Доведено, що їх потенційні техніко-експлуатаційні та технологічні властивості здатні розв'язати проблему ущільнення і деградації ґрунтів, забезпечити економію енергії і витрат на сільськогосподарські технологічні операції до

55 % та отримати інші суттєві переваги. Висновок актуальний і підтверджується результатами аналітичних досліджень.

**Другий висновок** містить інформацію про тягово-енергетичні властивості ширококоліїних засобів механізації сільськогосподарського виробництва. Зокрема встановлено, що їх енергонасиченість має дорівнювати 12,5 кВт/т при швидкісному режимі до 5 км/год та 23,5 кВт/т на швидкості руху 10 км/год. Доведено, що тягове зусилля, яке вони здатні розвивати при русі по ущільненому ґрунтовому сліду постійної технологічної колії, становить 6,37 кН на кожен тону експлуатаційної маси. Про достовірність даного висновку свідчать теоретичні дослідження, за якими встановлено, що це дозволяє розвивати ними на 40% вищі тягово-енергетичні показники в порівнянні з традиційними колісними тракторами при їх русі по типовому с.-г. агрофону.

У **третьому висновку** встановлено, що втрати площі поля під інженерну зону при використанні ширококоліїних засобів з раціональною шириною колії в межах 7,5...9 м становлять не більше 5...6%. Достовірність даного висновку підтверджено отриманими математичними моделями та алгоритмами, що дозволяють здійснювати взаємообумовлений вибір конструктивних параметрів ширококоліїних засобів механізації сільськогосподарського виробництва, зокрема, ширину їх колії і рушіїв, умов стійкого руху (що враховано величиною технологічного допуску) та параметрів земельної ділянки поля для її облаштування постійною технологічною колією.

У **четвертому висновку** міститься інформація про забезпечення кращих показників поворотності ширококоліїного агрозасобу на поворотній смузі за кінематичним та силовим принципом здійснення ним повороту. Доведено, що величина показника режиму повороту ширококоліїного агрозасобу в залежності від ширини його колії збільшується з 5,8 м/рад до 30 м/рад., а швидкісний режим його повороту має бути не більшим за 1 м/с. При цьому встановлено, що відношення величини колісної бази до ширини колії ширококоліїного агрозасобу повинно бути якомога меншим. Достовірність цього висновку доведена математичними моделями.

У **п'ятому висновку** приведено результати теоретичного обґрунтування параметрів ширококоліїного агрозасобу, як динамічної системи, за кінематичним та силовим способами його керування. Математичним моделюванням встановлено, що для забезпечення найкращої стійкості ширококоліїного агрозасобу місце розміщення його технологічної частини повинно знаходитися усередині його колісної бази, а швидкість його робочого руху має бути близькою 1 м/с. Для забезпечення найкращої керованості ширококоліїного агрозасобу бажана частота коливань кута повороту його керованих коліс має знаходитися на рівні  $0,5 \text{ с}^{-1}$ . Доведено, що збурення, які викликані кутовими коливаннями в горизонтальній площині с.-г. машинам/знарядь, не здійснюють суттєвого впливу на стійкість його руху тільки тоді, коли миттєвий центр повороту навісного механізму знаходиться в зоні центра мас агрозасобу. Тому з позиції проектування універсального навісного пристрою для ширококоліїних агрозасобів слід передбачити можливість його налаштування, як за трьохкрапковою, так і за двокрапковою

схемами. Про достовірність даного висновку свідчать теоретичні дослідження, на основі яких розроблені адекватні математичні моделі плоскопаралельного руху ширококолісного агросасобу за кінематичним та силовим способами його керування, які дозволяють оцінити вплив його схеми, конструктивних параметрів, режимів роботи та параметрів керуючого впливу на його керованість і стійкість у горизонтальній площині.

**Шостий висновок** підтверджує, що отримання щонайменших поперечних зміщень робочих органів сільськогосподарських машин та знарядь в процесі роботи ширококолісного агросасобу ширина його колії, амплітуди його кутових курсових коливань та віддаленість робочих органів від його кінематичного центру мають бути якомога меншими. Для робочих органів просапного культиваторного агрегату, розташованих назовні, відносно геометричної осі рядка просапної культури і центру ширококолісного агросасобу, величина захисної зони повинна бути більшою, ніж для внутрішніх (приблизно на 3 см). Тільки в цьому випадку ймовірність пошкоджуваності культурних рослин не перевищує 1%. Достовірність даного висновку підтверджується як результатами математичного моделювання.

**Сьомий висновок** дозволяє встановити, що з точки зору бажаності відпрацювання ним коливань нерівностей слідів постійної технологічної колії збільшення коефіцієнта жорсткості шин його коліс є ефективним на частотах збурення, більших за  $7,0 \text{ c}^{-1}$ . При цьому дисперсії коливань нерівностей профілю постійної технологічної колії мають зосереджуватися в частотних діапазонах  $0...7$  і  $13...20 \text{ c}^{-1}$ , оскільки саме в них наближають амплітудно-частотні характеристики до ідеальних. Практично досягти цього можна відповідною технологією формування слідів постійної технологічної колії або зміною жорсткості пневматичної шини. Достовірність результатів цього висновку підтверджується аналізом розроблених адекватних математичних моделей плоскопаралельного руху ширококолісного агросасобу у поздовжньо-вертикальній площині.

У **восьмому висновку** доводиться, що збільшення маси технологічної частини ширококолісного агросасобу ТДАТУ з 300 до 500 кг призводить до небажаного підйому амплітудно-частотних характеристик відпрацювання ним нерівностей поздовжнього профілю агрофону з одночасним зміщенням резонансних піків у бік низьких частот. Тому рекомендується її розміщувати позаду коліс агросасобу, що позитивно наближає амплітудно-частотні характеристики до ідеальних. Достовірність висновку підтверджується теоретичними моделями та розрахунковими схемами у другому розділу дисертації.

У **дев'ятому висновку** говориться, що Через близькість розміщення навісного механізму ширококолісного агросасобу до його центру мас кут нахилу центральної тяги навісного механізму повинен перебувати в межах  $25...35$  град, а нижніх тяг – мати від'ємне значення, що дозволяє максимально зменшити (але не більше ніж на 50%) ущільнюючий вплив рушіїв ходових систем на ґрунт в плодоносній зоні поля. Цей висновок є цілком логічним,

сформований на сонові проведеного математичного моделювання, а отже є цілком достовірним.

**Десятий висновок** висвітлює результати експериментальних досліджень. За якими доведено, що із збільшенням вологості ґрунтового сліду постійної технологічної колії від 10 до 28% величина його щільності та твердості зменшується з 1,60 до 1,30 г/см<sup>3</sup> та з 4,5 до 2,8 МПа відповідно. При цьому погіршуються (майже на 66%) тягово-зчіпні властивості ширококолійного агрозасобу та збільшується коефіцієнт опору його кочення з 0,06 до 0,1. Зі збільшенням твердості ґрунтового сліду постійної технологічної колії з 2,5 до 4,0 МПа інтенсивно збільшується і величина коефіцієнта об'ємного зминання ґрунту з 4,0 до 45,0 МПа. При подальшому збільшенні твердості ґрунтового сліду постійної технологічної колії збільшення коефіцієнта об'ємного зминання ґрунту практично не спостерігається. Тому дисертантом рекомендується в умовах експлуатації, з метою зниження коефіцієнта опору кочення ширококолійного агрозасобу при його русі по ґрунтовому сліду постійної технологічної колії, прагнути формувати її як поверхню, яка не деформується, що дозволяє зменшити опір коченню агрозасобу щонайменше удвічі. Достовірність цього висновку повністю підтверджена у четвертому розділі дисертації.

**Одинадцятий висновок** показує, що Рух ширококолійного агрозасобу по слідам постійної технологічної колії супроводжується реалізацією його ведучими колесами більшої (на 30%) дотичної сили тяги, максимум якої припадає на меншу величину коефіцієнта буксування рушіїв (0,15...0,17) на відміну від його руху по агрофону, підготовленому під посів, де ця величина знаходиться на рівні 0,22...0,24. Також при цьому підвищується коефіцієнт зчеплення рушіїв агрозасобу з ґрунтом з 0,43 до 0,55, що підтверджує факт підвищення його тягових і зчіпних властивостей в умовах колійної системи землеробства. Достовірність цього висновку повністю підтверджена результатами експериментальних досліджень, представлених у четвертому розділі дисертації.

**У дванадцятому висновку** доведено, що коливання нерівностей поздовжнього профілю ґрунтових слідів постійної технологічної колії носять низькочастотний характер. Основним генератором їх формування є параметри ґрунтозачепів шин коліс ширококолійних агрозасобів. Характер коливань нерівностей профілів оброблених агрофонів ґрунтообробними агрегатами на основі агрозасобу ТДАТУ є більш вирівняним (середнє квадратичне відхилення амплітуд нерівностей в 1,6-1,8 разів при цьому менші). Коефіцієнт варіації коливань їх тягового опору становить не більше 10%, основний спектр дисперсій зосереджений в діапазоні частот 0...8 с<sup>-1</sup>, а нормовані кореляційні функції цих коливань не містять гармонійних складових. Автор наголошує, що це свідчить про високу стабільність процесів обробітку ґрунту ширококолійним агрозасобом. Тому питомі витрати енергії на 1 га оброблювальної площі новими ширококолійними агрегатами при цьому менші на 40%. Висновок достовірний, що підтверджено результатами експериментальних досліджень.

**У тринадцятому висновку** представлено результати оцінювання технологічних властивостей і економічної ефективності використання ширококолієних агрозасобів в умовах колійної системи землеробства. Автором доведено, що в діапазоні ширини їх колій від 3 до 9 м, значення потенційної продуктивності ширококолієних агрозасобів знаходиться в інтервалі від 3 до 10,5 га/год відповідно. Практично такий результат перевищує потенційну продуктивність традиційних машинно-тракторних агрегатів в 1,5-2 рази. Порівняно з традиційними тракторно-комбайновими технологіями економія коштів від упровадження колійної системи землеробства на вирощуванні озимої пшениці та використання ширококолієних агрозасобів за рахунок економії енергетичних витрат, посівного матеріалу і підвищення врожайності становить щонайменше 1750 грн/га. Достовірність висновку підтверджена представленими результатами експериментальних досліджень та розрахованою техніко-економічною ефективністю використання ширококолієних засобів механізації сільськогосподарського виробництва.

### **3. Повнота викладу матеріалів дисертації в наукових працях**

За результатами наукових досліджень автором опубліковано 77 наукових праць, серед яких 11 у періодичних виданнях, які включені до міжнародних наукометричних баз даних, 24 статті у фахових виданнях, 11 закордонних публікацій, 11 тез доповідей, 6 патентів на винаходи та 14 на корисну модель. Загальний обсяг опублікованих робіт складає більше 20 друкованих аркушів. Результати проведених досліджень апробовані на міжнародних науково-практичних конференціях. Повторення матеріалів у різних наукових працях не зустрічається, а публікації повністю відображають основний зміст дисертаційної роботи.

### **4. Значимість для науки та практики одержаних автором результатів**

Здобувачем виноситься на захист ряд нових наукових результатів, основні з яких наступні:

#### ***Вперше:***

– розроблені нові способи поворотів ширококолієних засобів механізації сільськогосподарського виробництва на поворотній смузі за кінематичним або силовим принципом їх здійснення, що дало можливість оцінити вплив їх конструктивних, кінематичних і силових параметрів на критерії статичної та динамічної поворотності;

– розроблені математичні моделі плоско-паралельного руху ширококолієних засобів механізації сільськогосподарського виробництва за кінематичним або силовим принципом здійснення ними повороту, які дозволяють здійснювати достовірне обґрунтування нових схем, конструктивних параметрів, режимів роботи та параметрів керуючого впливу з огляду на їх прийнятну керованість і стійкість руху у горизонтальній площині, а також обґрунтовують вимоги до параметрів постійної технологічної колії;

– розроблені математичні моделі функціонування ширококолієних засобів механізації сільськогосподарського виробництва у поздовжньо-вертикальній

площині, застосування яких дозволяє уточнити вимоги до характеристик поздовжнього профілю нерівностей агрофону в слідах технологічної колії, підвищити плавність руху з урахуванням кінематичних і силових взаємозв'язків їх енергетичної та технологічної частин;

– розроблені математичні моделі кочення пневматичного колеса ширококолієного засобу механізації сільськогосподарського виробництва по ґрунтовій поверхні слідів постійної технологічної колії, які дозволяють оцінити вплив характеристик останніх на його тягово-зчіпні властивості.

#### ***Набуло подальшого розвитку:***

– методи статистичної динаміки у системах нелінійних диференціальних рівнянь плоско-паралельного руху ширококолієних засобів механізації сільськогосподарського виробництва у поздовжньо-горизонтальній та вертикальній площинах, які базуються на побудові амплітудних та фазових частотних характеристик відпрацювання динамічною системою керуючих і збурювальних впливів, застосування яких дозволяє обґрунтовувати нові схеми, параметри та режими роботи з огляду на їх прийнятну керованість, стійкість та плавність руху;

– методологія обґрунтування схем і параметрів ширококолієних засобів механізації сільськогосподарського виробництва при облаштуванні інженерної зони поля, що дозволяє оцінювати їх енергетичні і тягово-зчіпні властивості за умов функціонування в колійній системі землеробства;

– методологія оцінювання економічної ефективності від упровадження колійної системи землеробства та використання спеціалізованих ширококолієних агрозасобів, які дозволяють обчислювати економію коштів за рахунок економії енергетичних витрат, посівного матеріалу і підвищенні врожайності вирощуваної культури в залежності від ступеню ущільнення ґрунту;

– методика вибору параметрів рушіїв ширококолієних засобів механізації сільськогосподарського виробництва з урахуванням специфіки їх руху по слідах постійної технологічної колії.

Результати досліджень з розробки механіко-технологічних основ функціонування ширококолієних засобів механізації сільськогосподарського виробництва прийняті АТ «Харківський тракторний завод» для створення на підприємстві нових технічних ширококолієних енергетичних засобів, а також використовуються в навчальних процесах Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного (м. Мелітополь).

До практичної значимості даної роботи можна віднести розроблені науково-методичні та практичні рекомендації з використання ширококолієних засобів механізації с.-г. виробництва в умовах колійної системи землеробства, які рекомендовано до впровадження у виробництво і навчальний процес аграрних вищих навчальних закладів України.

### **5. Шляхи використання результатів досліджень**

Результати наведеної роботи показали, що реалізація даного дослідження дає позитивний результат для аграрних підприємств і підтверджується значним економічним ефектом.

Проведено розробку рекомендацій з вибору оптимальних схем, конструктивних параметрів та режимів роботи агрегатів, побудованих на основі ширококоліїних агрозасобів, включаючи їх застосування на вирощуванні сільськогосподарських культур із застосуванням постійної технологічної колії.

Практичні рекомендації з використання ширококоліїних засобів механізації с.-г. виробництва в умовах колійної системи землеробства впроваджені у ТОВ «Дніпро» Генічеського району Херсонської області.

#### **6. Ідентичність змісту автореферату й основних положень дисертації**

У авторефераті здобувач чітко відобразив основний зміст роботи, розкрив основні положення, які містять характеристику дисертації та привів висновки.

У авторефераті наведено список праць за темою роботи із зазначенням внеску автора у праці, що написані у співавторстві, а також висвітлені анотації в необхідному обсязі. Зміст, обсяг та оформлення автореферату відповідає вимогам, що виставляються до докторських дисертацій. Висновки наведені в авторефераті і дисертації ідентичні.

#### **7. Оцінка змісту дисертації, її завершеності в цілому**

Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 247 найменувань та додатків. Загальний обсяг роботи становить 504 сторінки тексту, з яких на 385 сторінках викладено основний текст роботи, на 72 сторінках – додатки, на 24 сторінках – список використаних джерел. Дисертація включає 173 рисунки (графіки, схеми і фотографії) та 11 таблиць.

**У вступі** проаналізовано стан наукової проблеми, її значущість, обґрунтовано актуальність теми, відображено зв'язок з науковими програмами, сформульовано мету та основні задачі дослідження, висвітлено наукове і практичне значення одержаних результатів, наведено наукову новизну, відомості про апробацію роботи та публікації..

**У першому розділі** виконано системний аналіз стану проблеми, наведено огляд досліджень, подано результати аналізу об'єкта та предмета досліджень. Зокрема, проведений огляд літератури, вітчизняних і зарубіжних авторських винаходів дав можливість систематизувати ряд робіт щодо методичних підходів обґрунтування схем, параметрів і режимів роботи ширококоліїних засобів механізації сільськогосподарського виробництва, які функціонують в умовах колійної системи землеробства. У розділі зазначено провідних вчених, у тому числі і закордонних, які займалися аналогічними проблемами розробки ширококоліїних агрозасобів, методологією визначення раціональних параметрів і режимів їх роботи.

Визначено, що існуючі методичні підходи щодо обґрунтування схем, параметрів і режимів роботи ширококоліїних засобів механізації сільськогосподарського виробництва при їх застосуванні у колійній системі землеробства виявилися не до кінця вивченими. З урахуванням зазначених вище проблем були сформульовані мета і задачі дослідження.



**У другому розділі** проведено теоретичні дослідження щодо обґрунтування параметрів ширококолієвих засобів механізації сільськогосподарського виробництва в умовах колійної системи землеробства. При цьому виявлені і досліджені загальні положення моделювання, методи розрахунку і оцінки показників роботи та напрями вдосконалення ширококолієвих агрозасобів.

Значну увагу у розділі приділено оцінці балансу потужності ширококолієвого агрозасобу при його русі по слідах постійної технологічної колії, який враховує не тільки вплив тягового навантаження, додатковий відбір потужності і умови його функціонування, але і розподіл зчіпної ваги, яка припадає на його лівий і правий борти.

У даній частині роботи отримані математичні моделі та алгоритми, що дозволяють здійснювати взаємообумовлений вибір конструктивних параметрів ширококолієвих засобів механізації с.-г. виробництва, зокрема, ширину його колії і рушіїв, умов стійкого руху (що враховано величиною технологічного допуску) та параметрів земельної ділянки поля для її облаштування постійною технологічною колією.

Обґрунтовані нові схеми повороту ширококолієвого агрозасобу та розроблені математичні моделі його плоскопаралельного руху на поворотній смузї за кінематичним принципом його здійснення, шляхом обертання керованими колесами з одного борту навколо центру, розташованого в центрі міжколієвого простору з іншого борту, а також силовим (бортовим), які дозволяють оцінити вплив його конструктивних, кінематичних і силових параметрів на критерії статичної та динамічної поворотності.

Отримані в даному розділі результати теоретичних досліджень були враховані при виборі параметрів та режимів роботи агрегатів на основі ширококолієвого засобу ТДАТУ перед виконанням ними циклу експериментальних досліджень.

**У третьому розділі** викладено програму і методику проведення експериментальних досліджень.

Програма експериментальних досліджень агрегатів на основі ширококолієвого агрозасобу ТДАТУ включала проведення лабораторно-польових випробувань. В процесі виконання експериментів передбачалося: визначення маса-геометричних і кінематичних характеристик ширококолієвого агрозасобу ТДАТУ; перевірка математичних моделей його функціонування на адекватність; визначення характеристик ґрунтової поверхні слідів постійної технологічної колії та їх вплив на тягово-зчіпні та енергетичні властивості агрозасобу при його русі по ній; визначення статистичних характеристик вхідних збурювань, що сприймаються агрозасобом у процесі його роботи; вивчення закономірностей впливу параметрів агрозасобу і системи його водіння по слідах постійної технологічної колії на показники його поворотності і керованості; визначення технічної ефективності використання с.-г. агрегатів, побудованих на основі ширококолієвого агрозасобу ТДАТУ, при реалізації ними принципово нових технологічних процесів з обробітку ґрунту і внесення технологічних матеріалів в ґрунт в умовах колійної системи землеробства;

вивчення впливу параметрів і режимів роботи ширококолісного агрозасобу ТДАТУ на енергетичні показники роботи с.-г. агрегатів для обробітку ґрунту і внесення мінеральних добрив та встановлення відповідності його функціонування основним принципам ефективного впровадження колійного землеробства; вивчення закономірностей впливу параметрів ширококолісних агрозасобів на економічну ефективність їх функціонування в умовах колійної системи землеробства.

Фізичними об'єктами досліджень були сільськогосподарські агрегати на основі ширококолісного агрозасобу ТДАТУ, призначені для проведення обробітку ґрунту та внесення мінеральних добрив.

Окремо описані параметри та режими роботи ширококолісного агрозасобу ТДАТУ, які необхідно визначити в процесі експериментальних досліджень, методика проведення лабораторно-польових випробувань, використовувані прилади та обладнання та математичні методи обробки експериментальних даних.

**Четвертий розділ** присвячено аналізу експериментальних досліджень функціонування ширококолісного засобу механізації сільськогосподарського виробництва в умовах колійної системи землеробства. У ньому викладені результати лабораторно-польових досліджень характеристик ґрунтових слідів постійної технологічної колії та роботи комплексу сільськогосподарських машин і знарядь на основі ширококолісного агрозасобу ТДАТУ.

Виходячи із результатів проведених досліджень встановлено, що збільшенням вологості ґрунтового сліду постійної технологічної колії від 10 до 28% величина його щільності та твердості зменшується з 1,60 до 1,30 г/см<sup>3</sup> та з 4,5 до 2,8 МПа відповідно. При цьому погіршуються (майже на 66%) тягово-зчіпні властивості ширококолісного агрозасобу та збільшується коефіцієнт опору його кочення з 0,06 до 0,1. Зі збільшенням твердості ґрунтового сліду постійної технологічної колії з 2,5 до 4,0 МПа інтенсивно збільшується і величина коефіцієнта об'ємного зминання ґрунту з 4,0 до 45,0 МПа. При подальшому збільшенні твердості ґрунтового сліду постійної технологічної колії збільшення коефіцієнта об'ємного зминання ґрунту практично не спостерігається. В умовах експлуатації з метою зниження коефіцієнта опору кочення ширококолісного агрозасобу при його русі по ґрунтовому сліду постійної технологічної колії необхідно прагнути формувати її як поверхню, яка не деформується, що дозволяє зменшити опір коченню агрозасобу щонайменше удвічі.

Рух ширококолісного агрозасобу по слідах постійної технологічної колії супроводжується реалізацією його ведучими колесами більшої (на 30%) дотичної сили тяги, максимум якої припадає на меншу величину коефіцієнта буксування рушіїв (0,15...0,17) на відміну від його руху по агрофону, підготовленому під посів, де ця величина знаходиться на рівні 0,22...0,24. Також при цьому підвищується коефіцієнт зчеплення рушіїв агрозасобу з ґрунтом з 0,43 до 0,55, що підтверджує факт підвищення його тягових і зчіпних властивостей в умовах колійної системи землеробства.

Коливання нерівностей поздовжнього профілю ґрунтових слідів постійної технологічної колії носять низькочастотний характер. Основним генератором їх формування є параметри ґрунтозачепів шин коліс ширококолієних агрозасобів. Характер коливань нерівностей профілів оброблених агрофонів ґрунтообробними агрегатами на основі агрозасобу ТДАТУ є більш вирівняним (середнє квадратичне відхилення амплітуд нерівностей в 1,6-1,8 разів при цьому менші). Коефіцієнт варіації коливань їх тягового опору становить не більше 10%, основний спектр дисперсій зосереджений в діапазоні частот  $0 \dots 8 \text{ с}^{-1}$ , а нормовані кореляційні функції цих коливань не містять гармонійних складових. Це свідчить про високу стабільність процесів обробітку ґрунту ширококолієним агрозасобом. При цьому якість обробітку ґрунту приблизно така ж, як і у аналогічних традиційних машинно-тракторних агрегатів. Але питомі витрати енергії на 1 га оброблювальної площі новими ширококолієними агрегатами при цьому менші на 40%.

Оцінюванням потенційної продуктивності ширококолієних агрозасобів доведено, що в діапазоні ширини їх колій від 3 до 9 м, значення цього показника знаходиться в інтервалі від 3 до 10,5 га/год відповідно. Практично такий результат перевищує потенційну продуктивність традиційних машинно-тракторних агрегатів в 1,5-2 рази, що підтверджує ефективність та перспективність використання ширококолієних засобів механізації в колійній системі землеробства з позиції більш кращих їх технологічних властивостей. Порівняно з традиційними тракторно-комбайновими технологіями економія коштів від упровадження колійної системи землеробства на вирощуванні озимої пшениці та використання ширококолієних агрозасобів за рахунок економії енергетичних витрат, посівного матеріалу і підвищення врожайності становить щонайменше 1750 грн/га.

Роботу виконано на високому науковому рівні. Мета і задачі досліджень сформульовані чітко. Кожний розділ дисертації має логічне викладення, висновки попереднього розділу слугують базою для подальших розділів роботи.

Аналіз отриманих автором результатів свідчить про те, що робота є завершеним науковим дослідженням. Зміст автореферату відповідає змісту і положенням дисертації.

## **8. Зауваження до дисертації**

1. За розробленим алгоритмом вибору параметрів шин ширококолієних засобів механізації сільськогосподарського виробництва для колійної системи землеробства (стор. 126) не зрозуміло, про які технологічні властивості йде мова. Також, не наведено критеріїв за якими можна обирати параметри шин ширококолієних агрозасобів, виходячи із властивостей плавності руху, стійкості, керованості тощо.

2. При побудові математичної моделі керованості і стійкості руху ширококолієного агрозасобу зроблено допущення (стор. 159), що поверхня поля під його колесами така, що крен та диферент агрозасобу відсутній. З цим

можна не погодитись, оскільки рельєф поля викликає вертикальні коливання агрегату, які впливають на його рух.

3. У результаті отриманих математичних розв'язків при вирішенні диференціальних рівнянь динаміки руху ширококоліїного агрозасобу за різними варіантами способів його повороту зроблено ряд допущень, які значно спрощують розв'язок цих рівнянь. Однак, адекватність математичних моделей оцінювалася лише за варіантом силового (бортового) способу повороту ширококоліїного агрозасобу. Тому не зовсім зрозуміло, на скільки отримані розв'язки рівнянь за іншими варіантами його керування відповідають реальності.

4. На амплітудно-частотних та фаза-частотних характеристиках, представлених у другому розділі дисертації, не зрозуміло з яких міркувань обирався частотний діапазон.

5. При використанні в дисертації елементів теорії автоматичного регулювання лінійних динамічних систем при відтворенні ними статистично випадкових збурювальних вхідних впливів не зрозуміло, чи була перевірка динамічних систем на їх стійкість. І за якими критеріями, алгебраїчними чи частотними здійснювалася ця перевірка.

6. У третьому розділі дисертації представлені методики та технічні засоби точність яких не наведена. Наприклад, не зрозуміла точність датчиків акселерометра, які вбудовані в планшетний комп'ютер (стор. 324), що використовувалися для реєстрації параметрів вертикальних коливань ширококоліїного агрозасобу в процесі експериментальних досліджень.

7. Із тексту роботи важко зрозуміти фізичну суть нормованих спектральних щільностей «керуючого впливу» ширококоліїного агрозасобу.

8. На стор. 307 рис. 3.4. представлено удосконалений автором електрифікований розкидач мінеральних добрив, при цьому незрозуміла суть вдосконалень та не приведено його принципової чи функціональної схеми.

9. При роботі ширококоліїних засобів механізації сільськогосподарського виробництва виникають проблеми з їх транспортуванням до місць роботи, що вимагає додаткових транспортних засобів або інших технічних рішень. В дисертаційній роботі це питання не розглядалося а можливі додаткові витрати на транспортування не враховані при розрахунку економічної ефективності використання ширококоліїних агрозасобів.

10. Імітація польових умов при проведенні експериментальних досліджень ширококоліїного агрозасобу ТДАТУ все ж таки відрізняється від лабораторних умов тепличного комплексу. А тому, з урахуванням чинників, які характерні реальному агрофону (наприклад, нахил місцевості, погодні умови, рельєф поля та структура нерівностей агрофону, велика довжина гону) все ж таки результати експериментальних досліджень обмежуються лише тепличними умовами використання досліджуваного агрозасобу ТДАТУ.

11. При проведенні експериментальних досліджень доцільно використовувати методику планування багатофакторного експерименту, що дозволить зменшити кількість проведених дослідів, отримати раціональні значення досліджуваних факторів та провести оптимізацію процесів.

Відмічені зауваження не мають принципового характеру, суттєво не впливають на практичну і наукову значимість проведених досліджень.

### **Висновок**

Оцінюючи зміст дисертації в цілому, можна відзначити, що всі задачі досліджень розв'язані і знайшли відображення у висновках. Слід зауважити, що в роботі досить грамотно, послідовно, логічно і аргументовано викладено зміст та результати досліджень.

Дисертацію можна вважати цілком закінченою науковою роботою, яка має певну наукову цінність і практичне значення в якій вирішуються актуальні науково-прикладні задачі відповідно до поставленої мети. Дисертація **Кувачова Володимира Петровича** є завершеною науковою працею, в якій розроблені механіко-технологічних основ використання ширококоліїних засобів механізації сільськогосподарського виробництва в умовах колійної системи землеробства, що забезпечують зменшення паливно-енергетичних, матеріальних та трудових витрат. Зміст і структура дисертації відповідають паспорту спеціальності 05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва, а також вимогам пунктів 9, 10, 12, 13, 14 «Порядку присудження наукових ступенів» затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 р. № 567, які висуваються до докторських дисертацій, а її автор **Кувачов Володимир Петрович**, заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук зі спеціальності 05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва.

### **Офіційний опонент:**

доктор технічних наук, старший науковий співробітник, завідувач відділу мобільної енергетики Національного наукового центру «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства»



**С.П. Погорілий**

Підпис д.т.н. Погорілого С.П. засвідчую:  
Заступник директора з наукової роботи  
учений секретар ННЦ «ІМЕСГ»



**М.І. Грицишин**