

До спеціалізованої вченої ради  
Д 18.819.01 при Таврійському  
державному агротехнологічному  
університеті  
імені Дмитра Моторного  
72310, Запорізька обл.,  
м. Мелітополь,  
проспект Б.Хмельницького 18,  
ауд 1.111

### **ВІДГУК**

**офіційного опонента, доктора технічних наук, професора, професора кафедри технологій та засобів механізації аграрного виробництва Полтавського державного аграрного університету Шейченка Віктора Олександровича на дисертаційну роботу Кувачова Володимира Петровича "Механіко-технологічні основи функціонування ширококоліїних засобів механізації сільськогосподарського виробництва", що представлена до спеціалізованої вченої ради Д 18.819.01 при Таврійському державному агротехнологічному університеті імені Дмитра Моторного до захисту на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва**

#### **Актуальність теми дисертації, її зв'язок з науковими програмами**

Сучасне аграрне виробництво орієнтоване переважно на застосування традиційних тракторно-комбайнових технологій. На думку багатьох вчених відмічені технології вичерпали потенційні можливості подальшого вдосконалення, а їх застосування у сільському господарстві створює низку серйозних проблем. Серед основних проблем варто виділити низький енергетичний коефіцієнт корисної дії, деградацію ґрунтів внаслідок їх ущільнення та руйнування рушіями традиційних енергетичних засобів та самохідними машинами, складність або неможливість автоматизації виробничих процесів, виснаження природних запасів палива.

Перспективним напрямком подальшого розвитку сільського господарства не тільки в Україні, а і у світі, є впровадження інноваційних технологій, до яких відносять колійну систему землеробства. Остання володіє привабливими перспективами автоматизації і роботизації більшості технологічних процесів у рослинництві, уможлиблює ефективне впровадження «точного» та «цифрового» землеробства та надає інші суттєві переваги.

Ефективність практичного використання ширококоліїних засобів механізації сільськогосподарського виробництва для колійної системи землеробства (далі агрозасобів) залежить від обґрунтованої наукової бази або теоретичних основ оптимізації їх схем та параметрів.

Питання з цього погляду науковцями вивчені не достатньо, а ефективна практична реалізація потенційних технологічних властивостей ширококоліїних засобів механізації сільськогосподарського виробництва для колійної системи землеробства нині відсутня. Тому, з позиції вирішення

продовольчої проблеми в країні, а також розробки ресурсозберігаючих технологій, які ґрунтуються на принципах колійної системи землеробства, відповідно до тенденцій науково-технічного прогресу в області механізації, які полягають, зокрема, у підвищенні рівня функціонування технічних засобів завдяки комплексній механізації, електрифікації, автоматизації й роботизації, даний напрямок досліджень є актуальним.

У дисертаційній роботі сформульовано науково-технічну проблему та наукова гіпотезу, суть якої полягає в тому, що використання потенційних техніко-експлуатаційних та технологічних властивостей ширококолієвих засобів механізації сільськогосподарського виробництва на новому науково-обґрунтованому рівні дозволить підвищити ефективність застосування колійної системи землеробства.

Актуальність теми дисертації підтверджується і тим, що дослідження за темою дисертаційної роботи є складовою частиною науково-дослідних робіт, що виконувалися співробітниками Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного за державними програмами наукових досліджень НДІ Механізації землеробства півдня України «Розробити адаптовані до умов півдня України енергоощадні технології і комплекси машин на основі нових енергетичних засобів» (2012-2015 рр. № державної реєстрації 0111U002562), «Розробити технічні засоби для реалізації новітніх технологій вирощування сільськогосподарських культур в умовах півдня України» (2016-2020 рр. № державної реєстрації №0116U002718). Робота виконана відповідно до закону України «Про пріоритетні напрями інноваційної діяльності в Україні» № 5460-VI від 16.10.2012 р., Державною цільовою програмою розвитку українського села на період до 2015 року, затвердженою постановою Кабінету Міністрів України № 1158 від 19.09.2007 р., концепцією Державної цільової програми розвитку аграрного сектору економіки на період до 2022 року, яка схвалена Розпорядженням Кабінету Міністрів України № 1437-р від 30 грудня 2015 р.

**Наукова новизна основних положень і одержаних результатів** полягає у розв'язанні науково-технічної проблеми розроблення механіко-технологічних основ функціонування ширококолієвих засобів механізації сільськогосподарського виробництва в умовах колійної системи землеробства.

Цінним для науки є те, що вперше розроблено нові способи поворотів ширококолієвих засобів механізації сільськогосподарського виробництва на поворотній смузі за кінематичним або силовим принципом їх здійснення, що уможливило оцінити вплив їх конструкційних, кінематичних і силових параметрів на критерії статичної та динамічної повороткості; розроблено математичні моделі плоско-паралельного руху ширококолієвих засобів механізації сільськогосподарського виробництва за кінематичним або силовим принципом здійснення ними повороту, які уможливають здійснювати достовірне обґрунтування нових схем, конструкційних 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.

Автором розроблено математичні моделі функціонування

ширококолієних засобів механізації сільськогосподарського виробництва у поздовжньо-вертикальній площині, застосування яких уможлиблює уточнити вимоги до характеристик поздовжнього профілю нерівностей агрофону у слідах технологічної колії, підвищити плавність руху з урахуванням кінематичних і силових взаємозв'язків їх енергетичної та технологічної частин; розроблено математичні моделі кочення пневматичного колеса ширококолієного засобу механізації сільськогосподарського виробництва по ґрунтовій поверхні слідів постійної технологічної колії, які уможлиблюють оцінити вплив характеристик останніх на його тягово-зчіпні властивості.

Дисертантом розвинуто 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.

**Практичне значення одержаних результатів** полягає у запропонованих науково-методичних та практичних рекомендаціях з використання ширококолієних засобів механізації с.-г. виробництва в умовах колієної системи землеробства, які рекомендовано до впровадження у виробництво і навчальний процес аграрних вищих навчальних закладів України. Практичні рекомендації з використання ширококолієних засобів механізації с.-г. виробництва в умовах колієної системи землеробства впроваджено у ТОВ «Дніпро» Генієського району Херсонської області. Результати досліджень з розроблення механіко-технологічних основ функціонування ширококолієних засобів механізації сільськогосподарського виробництва прийнято АТ «Харківський тракторний завод» для створення на підприємстві нових технічних ширококолієних енергетичних засобів.

Позитивним є також те, що результати досліджень використовуються у навчальному процесі Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного при викладанні дисциплін «Аграрна інженерія», «Обґрунтування технологічних процесів в рослинництві» і «Експлуатація машин та обладнання».

**Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.** Наукові положення, висновки і рекомендації, сформульовані у дисертаційній роботі, є достовірними, обґрунтованими й підтверджені практичною реалізацією. Автором проведені необхідні теоретичні та експериментальні дослідження з використанням розроблених та відомих методик, використані літературні джерела та патентна інформація.

Дисертаційне дослідження побудовано за логічною схемою: аналіз стану проблеми, формулювання мети і завдань досліджень, загальні методики та основні методи досліджень, теоретичні основи обґрунтування параметрів ширококолієних засобів механізації сільськогосподарського виробництва в умовах колієної системи землеробства, технічна оснащеність та методичне

забезпечення експериментальних досліджень, аналіз експериментальних досліджень функціонування ширококолієвих засобів механізації сільськогосподарського виробництва в умовах колійної системи землеробства. Кожен етап досліджень ґрунтується на об'єктивних даних та закономірностях, які достатньо повно висвітлені в роботі.

Відповідно до актуальності роботи, автором була поставлена мета та сформульовані задачі дослідження, послідовне вирішення яких дозволило підвищити ефективність роботи ширококолієвих засобів механізації сільськогосподарського виробництва завдяки розробленню і впровадженню механіко-технологічних основ їх функціонування в умовах колійної системи землеробства.

Висновки дисертаційної роботи є достатньо обґрунтованими, вони підтверджені необхідною кількістю експериментальних досліджень, котрі проведені як в лабораторних, так і в умовах тривалої виробничої експлуатації.

Перший пункт загальних висновків характеризує низьку ефективність реалізації основних принципів колійної системи землеробства традиційними тракторно-комбайновими технологіями. Автор відмічає, що найбільш перспективним і доцільним в умовах колійного землеробства є використання ширококолієвих засобів механізації сільськогосподарського виробництва, які уможливають розв'язати проблему ущільнення і деградації ґрунтів, забезпечити економію енергії і витрат на сільськогосподарські технологічні операції до 55 % та отримати інші суттєві переваги.

Висновок достовірний, про що свідчить проведений дисертантом аналіз.

Другий висновок сформульовано на підставі аналізу отриманого рівняння балансу потужності ширококолієвого агрозасобу, що рухається по ґрунтовим слідам постійної технологічної колії. Автором встановлено, що величина енергонасиченості агрозасобу має дорівнювати 12,5 кВт/т за швидкісного режиму до 5 км/год та 23,5 кВт/т на швидкості руху 10 км/год, а тягове зусилля, яке він здатний розвивати за умов руху по ущільненому ґрунтовому сліду постійної технологічної колії, становить 6,37 кН на кожен тону його експлуатаційної маси. Завдяки цьому уможливується на 40% більші тягово-енергетичні показники у порівнянні з традиційним колісним трактором за умов руху його по типовому с.-г. агрофону.

Висновок підтверджується проведеним математичним моделюванням.

У висновку третьому за результатами теоретичних досліджень розроблено математичні моделі та алгоритми, що уможливають здійснювати взаємообумовлений вибір конструкційних 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. Математичним аналізом отриманих моделей обґрунтовано раціональну ширину колії вказаних агрозасобів на рівні 7,5...9 м, за якою втрати площі поля під інженерну зону при їх використанні становлять не більше 5...6%.

Висновок підтверджується проведеним математичним моделюванням.

Четвертий висновок сформульовано на підставі обґрунтованих автором нових схем повороту ширококолієвого агрозасобу та розроблення

математичних моделей його плоскопаралельного руху на поворотній смузі за кінематичним принципом здійснення, завдяки обертанню керованими колесами з одного борту навколо центру, розташованого в центрі міжколісного простору. Отримані автором результати уможливають оцінити вплив конструкційних, кінематичних і силових параметрів агрозасобу на критерії його статичної та динамічної поворотності. Математичним аналізом отриманих моделей обґрунтовано кінематичний показник режиму його повороту, значення якого в залежності від ширини колії ширококолісного агрозасобу збільшується від 5,8 м/рад до 30 м/рад. Встановлено, що швидкісний режим повороту агрозасобу за вказаним способом не повинен перевищувати 1 м/с за умов якомога меншого значення відношення його колісної бази до ширини колії.

Висновок достовірний, що підтверджують результати досліджень, проведені дисертантом.

У висновку п'ятому наведено аналіз розроблених математичних моделей плоско паралельного руху ширококолісного агрозасобу за кінематичним та силовим способами його керування. Теоретичними дослідженнями встановлено, що для забезпечення найкращої стійкості ширококолісного агрозасобу місце розміщення його технологічної частини повинно знаходитися усередині його колісної бази, а швидкість його робочого руху – близькою 1 м/с. Для забезпечення найкращої керованості ширококолісного агрозасобу бажана частота коливань кута повороту його керованих коліс має знаходитися на рівні 0,5 с<sup>-1</sup>

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. Відмічено, що з позиції проектування універсального навісного пристрою для ширококолісних агрозасобів слід передбачати можливості його налаштування, як за трьох, так і за двохточечними схемами.

Висновок достовірний, що підтверджують результати досліджень, проведені дисертантом.

У шостому висновку з позиції отримання щонайменших поперечних зміщень робочих органів с.-г. машин/знарядь в процесі роботи ширококолісного агрозасобу встановлено, що ширина його колії, амплітуди кутових курсових коливань та віддаленість робочих органів від кінематичного центру мають бути якомога меншими. Для робочих органів просапного культиваторного агрегату, розташованих назовні, відносно геометричної осі рядка просапної культури і центру ширококолісного агрозасобу, величина захисної зони повинна бути більшою, ніж для внутрішніх (приблизно на 3 см). Тільки в цьому випадку ймовірність пошкоджуваності культурних рослин не буде перевищувати 1%.

Висновок достовірний, що підтверджують результати досліджень, проведені дисертантом.

У сьомому висновку відмічено, що розроблені адекватні математичні моделі плоско паралельного руху ширококолісного агрозасобу у поздовжньо-вертикальній площині уможливили 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  $7,0 \text{ c}^{-1}$ . За таких умов дисперсії коливань нерівностей профілю постійної технологічної колії мають зосереджуватися у 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 пневматичних шин.

Висновок достовірний, що підтверджують результати досліджень, проведені дисертантом.

У восьмому висновку відмічено, що збільшення маси технологічної частини ширококолісного агрозасобу ТДАТУ від 300 до 500 кг призводить до небажаного збільшення амплітудно-частотних характеристик відпрацювання ним нерівностей поздовжнього профілю агрофону з одночасним зміщенням резонансних піків у бік низьких частот.

У дев'ятому висновку відмічено, що внаслідок близькості розміщення навісного механізму ширококолісного агрозасобу 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 уможливорює максимально зменшити (але не більше ніж на 50%) ущільнюючий вплив рушіїв ходових систем на ґрунт в плодоносній зоні поля.

У десятому висновку зазначено, що із збільшенням вологості ґрунтового сліду постійної технологічної колії від 10 до 28% величина його щільності та твердості зменшується від 1,60 до 1,30 г/см та з 4,5 до 2,8 МПа, відповідно. За таких умов погіршуються (майже на 66%) тягово-зчіпні властивості ширококолісного агрозасобу та збільшується коефіцієнт опору його кочення від 0,06 до 0,1. Зі збільшенням твердості ґрунтового сліду постійної технологічної колії від 2,5 до 4,0 МПа інтенсивно збільшується і величина коефіцієнта об'ємного зминання ґрунту від 4,0 до 45,0 МПа.

У одинадцятому висновку зазначено, що 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  $0,22...0,24$ . За таких умов підвищується коефіцієнт зчеплення рушіїв агрозасобу з ґрунтом від 0,43 до 0,55, що підтверджує факт підвищення його тягових і зчіпних властивостей в умовах колійної системи землеробства.

У дванадцятому висновку за результатами лабораторно-польових досліджень встановлено, що коливання нерівностей поздовжнього профілю ґрунтових слідів постійної технологічної колії носять низькочастотний характер. Основним генератором їх формування є параметри ґрунтозачепів шин коліс ширококолісних агрозасобів. Характер коливань нерівностей профілів оброблених агрофонів ґрунтообробними агрегатами на основі агрозасобу ТДАТУ є більш вирівняним (середнє квадратичне відхилення амплітуд нерівностей у 1,6-1,8 разів менші). Коефіцієнт варіації коливань їх тягового

опору становить не більше 10%, основний спектр дисперсій зосереджений у 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 ширококоліїним агрозасобом. За таких умов якість обробітку ґрунту приблизно така ж, як і у аналогічних традиційних машинно-тракторних агрегатів. Проте питомі витрати енергії на 1 га оброблювальної площі новими ширококоліїними агрегатами менші на 40%.

У тринадцятому висновку за результатами оцінювання потенційної продуктивності ширококоліїних агрозасобів відмічено, 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 у 1,5-2 рази, що підтверджує ефективність та перспективність використання ширококоліїних засобів механізації в колійній системі землеробства з позиції більш кращих їх технологічних властивостей. Порівняно з традиційними тракторно-комбайновими технологіями економія коштів від впровадження колійної системи землеробства на вирощуванні озимої пшениці та використання ширококоліїних агрозасобів завдяки економії енергетичних витрат, посівного матеріалу і підвищення врожайності становить, щонайменше, 1750 грн/га.

Усі пункти висновків логічно впливають із результатів досліджень, проведених автором у дисертаційній роботі.

Наукові положення, висновки та рекомендації, які отримані в результаті досліджень, є достовірними. Це досягається коректним застосуванням положень вищої математики, теоретичної механіки, теорії механізмів і машин. Підтвердженням цьому є також узгодженість результатів теоретичних та експериментальних досліджень, використання стандартизованих та розроблених самостійно методик досліджень, що адекватно відтворюють умови процесу, який вивчається. Експериментальні дослідження проводились на засадах системного підходу, статистичного опрацювання інформації. Тому висновки у дисертації за № 8-13 слід визнати достовірними, оскільки вони ґрунтуються на використанні апробованих методів із застосуванням сучасних приладів та обладнання.

У період 20010-2020 рр. результати наукової роботи доповідалися і отримали позитивну оцінку на наукових конференціях міжнародного і всеукраїнського значення.

Результати досліджень з розроблення механіко-технологічних основ функціонування ширококоліїних засобів механізації сільськогосподарського виробництва впроваджено у ТОВ «Дніпро», прийняті АТ «Харківський тракторний завод» та рекомендовані у навчальний процес аграрних вищих навчальних закладів України.

#### **Повнота викладу результатів дисертації в опублікованих працях.**

Основні положення дисертаційної роботи опубліковано у 77 наукових працях, серед яких 11 у періодичних виданнях, які включено 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.

Наведені публікації відображають основний зміст дисертації.

Результати кандидатської дисертації в матеріалах докторської та публікаціях не використано.

**Відповідність автореферату основним положенням дисертації.** Автореферат дисертації відображає основний зміст роботи, її наукові положення та результати. Висновки автореферату і дисертації повністю ідентичні.

**Аналіз змісту дисертації.** Дисертаційна робота складається з анотації, 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.

Текст дисертаційної роботи викладений чітко та в логічній послідовності. Матеріал дисертації достатньо проілюстрований схемами, рисунками, графіками і таблицями. Загальні висновки і рекомендації у дисертації випливають з проведених здобувачем досліджень та відображають основні результати роботи. Мова і стиль викладення змісту, оформлення дисертації та автореферату відповідають вимогам, які ставляться до кваліфікаційних наукових праць.

У вступі, відповідно до вимог, обґрунтовано актуальність теми дисертації, розкрита сутність і стан наукової проблеми, її значущість, викладено зв'язок роботи з науковими програмами, встановлено об'єкт та предмет дослідження, відображено методи дослідження, сформульовані мета й основні завдання дослідження, визначено наукову і практичну цінність одержаних результатів.

У **першому розділі** (стор. 24-104) наведено аналіз стану проблеми, огляд і аналіз досліджень вітчизняних і іноземних авторів. Відмічено, що ефективність практичного використання ширококолієвих засобів механізації сільськогосподарського виробництва для колійної системи землеробства залежить від обґрунтованої наукової бази або теоретичних основ оптимізації їх схем та параметрів.

Дисертант відмічає, що ефективна практична реалізація потенційних техніко-експлуатаційних та технологічних властивостей ширококолієвих засобів механізації сільськогосподарського виробництва в умовах колійної системи землеробства нині відсутня.

У **другому розділі** (стор. 105-301) за результатами теоретичних досліджень встановлено, що для повної реалізації тягово-енергетичних властивостей ширококолієвих агрозасобів за робочих швидкостей їх руху до 5 км/год їх енергонасиченість має бути рівною 12,5 кВт/т, а в межах до 10 км/год – 23,5 кВт/т. В реальних умовах експлуатації зменшення робочих швидкостей руху агрозасобів є можливим варіантом скорочення енерговитрат на технологічні процеси в колійному землеробстві.

За умов достатнього зчеплення рушіїв з опорною поверхнею ґрунтового сліду постійної технологічної колії уможлиблюється тягове зусилля агрозасобу на рівні 6,37 кН на кожен тону його експлуатаційної маси. Це у 1,4 рази більше, ніж здатний розвивати традиційний колісний трактор за умов його руху по стерньовому агрофону.



Проведеними дослідженнями встановлено, що втрати площі поля під інженерну зону в значній мірі залежать від ширини колії руху ширококоліїних агрозасобів, тобто від ширини шин їх коліс. Розрахунками встановлено, що за критерієм мінімального коефіцієнта втрат площі поля під інженерну зону раціональна величина ширини колії останніх припадає на  $K = 7,5$  м. Використання шин агрозасобів шириною 0,393...0,429 м уможлиблює величину втрат площі поля під інженерну зону не більше 6%. Водночас, при збільшенні ширини колії агрозасобів до 9 м, що притаманно для закордонних зразків так званих «мостових» тракторів, величина втрат площі зменшується до 5%.

**У третьому розділі** (стор. 302-330) автором наведено програму експериментальних робіт та фізичні об'єкти досліджень; способи керування рухом агрозасобу ТДАТУ, перелік приладів та обладнання, що використані для цього; вимірвальні параметри і методика проведення лабораторно-польових випробувань; методику обробітку експериментальних даних та оцінка похибок вимірювання.

**У четвертому розділі** (стор. 331-432) автором відмічено, що величина щільності і твердості ґрунтового сліду постійної технологічної колії істотно залежать від його вологості. Збільшення від 10 до 28% величини щільності ґрунтового сліду колії призводить до зменшення від 1,60 до 1,30 г/см<sup>3</sup>, а твердості – від 4,5 до 2,8 МПа. За таких умов погіршуються тягово-зчіпні властивості ширококоліїного агрозасобу. Також збільшується коефіцієнт опору його кочення від 0,06 до 0,1, майже на 66%. На стільки ж відсотків зростають витрати потужності електродвигунів агрозасобу на додання сил опору його кочення.

Автор відмічає, що між твердістю і щільністю ґрунтового сліду постійної технологічної колії встановлено сильний нелінійний кореляційний зв'язок (квадрат коефіцієнта кореляції зв'язку між цими показниками становить  $2R = 0,89$ ), що дозволяє на практиці оцінювати величину цих показників за умов вимірювання тільки одного з них.

Кореляційний зв'язок твердості ґрунтового сліду постійної технологічної колії з коефіцієнтом опору кочення сильніший ( $2R = 0,9395$ ), ніж зв'язок щільності ґрунтового сліду з ним ( $2R = 0,8419$ ). Це також уможлиблює достатньо точно аналітичним шляхом визначати витрати потужності агрозасобу на кочення.

Зі збільшенням твердості ґрунтового сліду постійної технологічної колії від 2,5 до 4,0 МПа, як відмічає автор, відповідно зростає і величина коефіцієнта об'ємного зминання ґрунту від 4,0 до 45,0 МПа. За умов подальшого збільшення твердості ґрунтового сліду постійної технологічної колії збільшення коефіцієнта об'ємного зминання ґрунту практично не спостерігається.

Дисертант відмічає, що з позиції забезпечення максимальних зчіпних властивостей і тягоутворення ширококоліїного агрозасобу за умов його руху по ґрунтовому сліду постійної технологічної колії доцільно за умов її формування досягати якомога більшої твердості (не менше 2,25 МПа). Це уможливить збільшувати тиск в шинах його коліс до максимально можливого. В

іншому випадку максимальна ефективність руху агрозасобу по ґрунтовим слідам постійної технологічної колії може бути досягнута тільки за результатами правильно встановленого тиску повітря в шинах його коліс.

Автором встановлено, що рух агрозасобу ТДАТУ по слідах постійної технологічної колії супроводжується меншою величиною буксування (в межах 0,15...0,17) на відміну від його руху по агрофону, підготовленому під посів (0,22...0,24), за якою колесом реалізується максимальна дотична сила тяги. Це уможливує менші втрати швидкості руху та енергії. Рух ширококолісного агрозасобу по вирівняному ущільненому сліду постійної технологічної колії супроводжується більшим значенням максимальної дотичної сили тяги (близько 30%) на відміну від його руху по агрофону, підготовленому під посів. Це уможливує пропорційно підвищити тягові властивості ширококолісного агрозасобу в порівнянні з традиційним трактором в умовах його роботи по с.-г. агрофону.

Дисертант відмічає, що основним генератором формування нерівностей поздовжнього профілю ґрунтових слідів постійної технологічної колії є параметри ґрунтозацепів шин коліс ширококолісних агрозасобів. Так в умовах випробувань агрозасобу ТДАТУ основна частка дисперсій коливань нерівностей поздовжнього профілю слідів технологічної колії зосереджена в діапазоні частот 0...0,3 см<sup>-1</sup>, що узгоджується із висотою ґрунтозацепів його шин 9,5R32, величина якої дорівнює 0,03 м. Підтвердженням цього є той факт, за яким довжина кореляційної зв'язку ординат нерівностей профілю слідів постійної технологічної колії в умовах випробувань агрозасобу ТДАТУ становить близько 0,18 м, що відповідає кроку ґрунтозацепів його шин, рівному 0,175 м.

Автор дисертаційної роботи відмічає, що якість обробітку ґрунту агрегатами на основі агрозасобу ТДАТУ приблизно така ж, як і у аналогічних традиційних машинно-тракторних агрегатів. Проте питомі витрати енергії на 1 га оброблювальної площі новими агрегатами менші на 40%. Економічний ефект від впровадження ширококолісних агрозасобів, які рухаються по слідах постійної технологічної колії, завдяки економії енергетичних витрат, посівного матеріалу і підвищенні врожайності вирощуваних культур, становить щонайменше 1750 грн на кожному гектарі площі пшениці.

У **висновках** стисло сформульовано основні наукові та практичні результати дисертації. Висновки дисертаційного дослідження відображають сутність роботи, мають належний рівень наукової обґрунтованості та підтверджують суттєвий внесок автора у розвиток механіко-технологічних основ функціонування ширококолісних засобів механізації сільськогосподарського виробництва.

У **додатках** наведено акти впровадження результатів роботи у виробничий процес, науково-методичні рекомендації з використання ширококолісних засобів механізації сільськогосподарського виробництва в умовах колійної системи землеробства, практичні рекомендації з використання ширококолісних засобів механізації сільськогосподарського виробництва в умовах колійної системи землеробства.

Протягом всього викладення теоретичних та експериментальних досліджень автор творчо підходить до побудови схем і графічних зображень, що відображають повну інформативність і легкість сприйняття викладеного матеріалу. Дисертація є завершеною науковою працею з достатньо обґрунтованими результатами, оформлена акуратно, написана логічно науковою мовою. Автореферат повною мірою відображає зміст і основні положення дисертації.

#### **Зауваження щодо змісту дисертації.**

1. У дисертаційній роботі наведено точність 9-23 см сучасних систем паралельного водіння МТА. Проте аналізу щодо їх відповідності вимогам до колійних технологій не здійснено

2. Потребують уточнення умови повороту агрозасобу навколо центру (т.  $O$ , рис.2.20) в частині визначення кутів повертання коліс лівого борту (на рисунку  $\alpha_1$  і  $\alpha_2$ , у тексті  $\alpha_1$  і  $\beta_1$ ) відповідно, (с. 138).

3. За умов розгляду схеми повороту (правостороннього) ширококолісного агрозасобу з керованими колесами лівого борту (рис. 2.20) доцільно врахувати сили інерції, що діють на нього. У тексті і у другому рівнянні системи 2.34 відмічені сили відсутні, (с.139).

4. Залежності системи 2.34 потребують уточнення. Сума моментів відносно точки  $S$  повинна містити моменти від проєкцій сил  $F_{jx}$ ,  $F_{jy}$ , а плече проєкції сили  $F_{jr}$  має бути іншим, ніж  $(0.5L + a)$ .

5. На рис. 2.23 доцільно крім двох розглянутих фаз руху (розгін і круговий рух з постійною швидкістю) передбачити фазу гальмування агрозасобу до повної зупинки ( $V_s = 0$ ) за умов завершення повороту.

6. Логічно було б перше рівняння системи (2.72) розглянути, як суму проєкцій усіх сил на вісь, що співпадає із напрямком руху агрозасобу, а не на вісь, перпендикулярну напрямку його руху.

7. Використання у наведених перетвореннях, наприклад, у першому рівнянні системи 2.83 –  $\alpha$  замість  $\sin \alpha$ ,  $\beta$  – замість  $\sin \beta$ , коректно за малих значень кутів, тобто  $\sin \alpha \approx \alpha$ ,  $\sin \beta \approx \beta$ . За таких умов, доцільно було встановити межі змінення кутів повороту передніх і задніх рушіїв агрозасобу.

8. Чи можливо на довжині ділянки 50м змоделювати і реалізувати кінематичні режими і динамічні збудження з необхідним рівнем віброприскорень та вібропереміщень, які обумовлюють реальні умови експлуатації?

9. Доцільно деталізувати складові економії коштів від впровадження ширококолісного агрозасобу, а також привести розрахункові данні щодо економічного ефекту на 1м ширини обробітку ґрунту засобами, які характеризуються більшою ніж у ТДАТУ шириною колії коліс.

Відмічені недоліки не знижують наукової та практичної цінності дисертації і не впливають на позитивну оцінку роботи в цілому. За обсягом і змістом дисертація відповідає вимогам МОН України.

## Висновок

Дисертаційна робота Кувачова Володимира Петровича "Механіко-технологічні основи функціонування ширококолієних засобів механізації сільськогосподарського виробництва" є завершеною кваліфікаційною науковою працею, в якій наведено теоретичне узагальнення і нове вирішення наукової проблеми, що уможлиблює підвищення ефективності роботи ширококолієних засобів механізації сільськогосподарського виробництва завдяки розробленню і впровадженню механіко-технологічних основ їх функціонування в умовах колійної системи землеробства.

Дисертаційна робота виконана на належному науковому рівні та відповідає вимогам п. 9, 10, 12 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 р. № 567 (зі змінами, внесеними згідно з Постановою Кабінету Міністрів України № 656 від 19.08.2015 р.), а її автор Кувачов Володимир 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 технології та засоби механізації аграрного виробництва, Полтавська державна аграрна академія

В.О. Шейченко

Підпис Шейченка В.О. засвідчую

