

---

## **Сучасна ходова система управління сільськогосподарською технікою**

### **Сергій Грушецький**

Кафедра агроінженерії і системотехніки імені Михайла Самокиша, Заклад вищої освіти «Подільський державний університет», м. Кам'янець-Подільський, Україна  
ORCID 0000-0002-0487-6152

### **Сергій Олексійко**

Кафедра тракторів, автомобілів та енергетичних засобів, Заклад вищої освіти «Подільський державний університет», м. Кам'янець-Подільський, Україна  
ORCID 0000-0002-3092-6790

### **Максим Тихий**

Кафедра агроінженерії і системотехніки імені Михайла Самокиша, Заклад вищої освіти «Подільський державний університет», м. Кам'янець-Подільський, Україна  
ORCID 0000-0002-0487-6152

### **Для цитування цієї статті:**

Грушецький Сергій, Олексійко Сергій, Тихий Максим. Сучасна ходова система управління сільськогосподарською технікою. International Science Journal of Engineering & Agriculture. Vol. 3, No.6, 2024, pp. 61-74. doi: 10.46299/j.isjea.20240306.06.

**Надійшла до редакції:** 03 листопада 2024 р.; **Схвалено:** 30 листопада 2024 р.;

**Опубліковано:** 01 грудня 2024 р.

---

**Анотація:** Сучасні системи управління ходовими частинами сільськогосподарської техніки відіграють важливу роль у підвищенні ефективності та надійності роботи машин. Інноваційні підходи до проектування та впровадження електронних та гідравлічних систем дозволяють забезпечити точне регулювання роботи колісних та гусеничних систем, знижуючи витрати пального, зменшуючи знос компонентів та підвищуючи маневреність техніки на складних ділянках поля. До сучасних тенденцій у галузі належать використання автоматизованих систем управління, які інтегрують в себе GPS-навігацію, датчики зворотного зв'язку та інтелектуальні алгоритми, що дозволяють оптимізувати рух техніки. Це забезпечує покращену точність обробки земель, зниження витрат пального та збільшення продуктивності. Системи, що використовуються у сучасних сільськогосподарських машинах, також включають адаптивні підвіски, систему контролю тягових зусиль та автоматичне коригування швидкості, що підвищує комфорт та безпеку водія, знижує навантаження на компоненти та дозволяє працювати на більш складних і нерівних ділянках землі. Впровадження таких технологій є важливим кроком до сталого розвитку аграрного сектору, знижуючи негативний вплив на довкілля та підвищуючи загальну ефективність сільськогосподарських робіт.

**Ключові слова:** ходова система, управління, сільськогосподарська техніка, інтелектуальні системи, автоматизація, гідравлічні системи, GPS-навігація, точне землеробство, адаптивні підвіски, тягові зусилля, продуктивність, економія пального, знос компонентів, маневреність, інноваційні технології.

---

## 1. Вступ

Сучасна ходова система управління сільськогосподарською технікою є однією з ключових складових, яка визначає ефективність, надійність і економічність роботи аграрних машин. В умовах інтенсивного розвитку аграрного виробництва, автоматизації процесів та зростання вимог до точності виконання польових робіт, роль ходової системи набуває особливої ваги. Від її технічних характеристик залежить не тільки безпека та комфорт роботи оператора, але й продуктивність сільськогосподарської техніки загалом.

Сучасні технології управління ходовими частинами сільськогосподарських машин інтегрують різноманітні інноваційні системи, серед яких можна виділити електронне управління, гідравлічні та пневматичні механізми, а також автоматизовані платформи на основі GPS-навігації та сенсорних технологій. Всі ці елементи разом утворюють складну інтегровану систему, здатну адаптуватися до різноманітних умов роботи на полі – від рівних полів до складних і важкодоступних територій з високою вологою чи нерівним рельєфом.

Основною метою сучасних ходових систем є забезпечення максимальної маневреності, мінімізації витрат пального, а також зменшення зносу технічних елементів і підвищення зручності роботи оператора. Застосування таких технологій дозволяє аграріям не лише підвищувати ефективність обробки землі, але й значно знижувати екологічний вплив сільськогосподарської діяльності.

У цьому контексті дослідження сучасних підходів до управління ходовими системами сільськогосподарської техніки є важливим кроком у напрямку оптимізації аграрного виробництва, зниження витрат і покращення загальної продуктивності сільського господарства.

## 2. Об'єкт і предмет дослідження

Об'єкт дослідження – сучасні ходові системи сільськогосподарської техніки, що включають всі технічні, механічні та електронні компоненти, які забезпечують рух і маневреність машин під час виконання польових робіт. Це стосується як колісних, так і гусеничних ходових частин техніки, а також систем їхнього управління, що інтегрують різноманітні датчики, електронні блоки та гідравлічні пристрої.

Предмет дослідження – технології та методи управління ходовими системами сільськогосподарської техніки, зокрема автоматизовані та інтелектуальні системи управління, адаптивні підвіски, системи зворотного зв'язку, а також інноваційні рішення, спрямовані на оптимізацію роботи техніки на полях з різними умовами. Вивчаються ефективність та надійність застосування цих систем, їх вплив на зменшення витрат пального, зниження зносу технічних елементів та підвищення маневреності і продуктивності сільськогосподарських машин.

Таким чином, дослідження охоплює як технічні аспекти ходових систем, так і аспекти управління ними за допомогою новітніх технологій, що дозволяють забезпечити максимальну ефективність сільськогосподарських робіт.

## 3. Мета та задачі дослідження

Метою дослідження є аналіз сучасних технологій і методів управління ходовими системами сільськогосподарської техніки, вивчення їхніх переваг і недоліків, а також оцінка впливу цих систем на ефективність роботи сільськогосподарських машин, зниження витрат пального, зменшення зносу компонентів і підвищення продуктивності. Зокрема, акцент зроблено на інтеграції інтелектуальних систем управління, автоматизації та оптимізації руху техніки за допомогою інноваційних технологій.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі **основні задачі**:

- дослідження інтелектуальних систем управління. Вивчення ролі автоматизованих систем, таких як GPS-навігація, системи зворотного зв'язку та адаптивні механізми управління тяговими зусиллями для покращення маневреності та зменшення витрат енергоресурсів;
- аналіз впливу на продуктивність та економічність. Оцінка ефективності використання сучасних ходових систем з точки зору зниження витрат пального, зменшення зносу компонентів і підвищення робочої швидкості техніки на різних типах ґрунтів;
- розробка рекомендацій щодо удосконалення систем управління. Формулювання рекомендацій для аграріїв щодо вибору і застосування оптимальних ходових систем для конкретних умов роботи та для забезпечення максимального результату;
- оцінка екологічних аспектів. Вивчення впливу новітніх ходових систем на екологічність сільськогосподарських робіт, зокрема на зменшення викидів CO<sub>2</sub> та інших шкідливих речовин через підвищену ефективність використання пального та зниження зношування технічних елементів.

Таким чином, основним завданням дослідження є глибоке вивчення сучасних технологій і методів управління ходовими системами сільськогосподарської техніки з метою оптимізації роботи машин і досягнення високих результатів у сільському господарстві.

#### **4. Аналіз літератури**

Дослідження ходових систем управління сільськогосподарською технікою стало важливим напрямом у розвитку аграрної техніки завдяки постійному вдосконаленню технологій, що забезпечують зниження витрат і підвищення ефективності роботи машин на полі. Вже понад два десятиліття науковці та інженери активно працюють над розробкою нових систем управління, які забезпечують високу точність і адаптивність сільськогосподарської техніки. Огляд наукової літератури дозволяє виділити кілька ключових напрямів у розвитку сучасних ходових систем.

##### **Традиційні та новітні конструкції ходових частин сільськогосподарської техніки**

Багато досліджень присвячено аналізу різних типів ходових частин, таких як колісні та гусеничні системи, їх перевагам і недолікам. Наприклад, роботи, присвячені конструкції гусеничних тракторів, зокрема, досліджують проблеми зчеплення з ґрунтом, витрати пального та ефективність роботи на важких і вологих ґрунтах (Котляр, 2015). У свою чергу, колісні системи використовуються в більшості сучасних сільськогосподарських машин, таких як комбайни та трактори, завдяки своїй більшій маневреності і економічності (Шермет, 2018).

##### **Інтелектуальні системи управління**

Останні дослідження вказують на важливість впровадження інтелектуальних і автоматизованих систем управління ходовими частинами. Зокрема, широко досліджується застосування GPS-навігації та систем зворотного зв'язку для покращення точності руху сільськогосподарської техніки. Системи автоматичного управління використовують дані про рельєф місцевості, стан ґрунту та зовнішні умови для оптимізації траєкторії руху машини (Петренко, 2020). Автоматичне коригування швидкості та напрямку руху тракторів і комбайнів дозволяє значно знижувати витрати пального і зменшувати знос технічних компонентів (Коваленко, 2019).

##### **Гідравлічні та пневматичні системи в ходових частинах**

У ряді робіт аналізуються гідравлічні та пневматичні системи, які дозволяють досягти високої маневреності і адаптивності машин в умовах складних ґрунтів. Окрім того, гідравлічні підвіски та система управління тяговими зусиллями забезпечують стабільну роботу техніки на нерівних і важкодоступних ділянках (Федоренко, 2017). Такі системи також дозволяють знижувати навантаження на колеса та зменшувати знос конструкцій, що значно продовжує термін служби машин.

### **Економічна та екологічна ефективність сучасних ходових систем**

Зниження витрат пального та економія ресурсів є важливими аспектами, дослідженими у наукових роботах. Дослідження показують, що застосування інтелектуальних систем управління та адаптивних підвісок дозволяє значно знижувати споживання пального та зменшувати негативний вплив техніки на навколишнє середовище (Піроженко, 2021). Наприклад, використання адаптивних систем управління тяговими зусиллями дозволяє точніше налаштувати техніку під різні умови поля, що безпосередньо впливає на економічну ефективність робіт.

### **Проблеми та перспективи розвитку**

У літературі також висвітлюються проблеми, що стоять перед сучасними ходовими системами, зокрема складність інтеграції новітніх технологій з існуючими технічними системами, а також висока вартість впровадження таких систем. Дослідження показують, що існує потреба у розробці більш доступних і простих у використанні технологій для малих і середніх господарств, що дозволить широко впровадити новітні системи у практику аграріїв (Дмитренко, 2022).

На основі аналізу наукових публікацій можна зробити висновок, що сучасні ходові системи сільськогосподарської техніки активно вдосконалюються, зокрема завдяки інтеграції інтелектуальних та автоматизованих технологій управління, використанню гідравлічних та пневматичних компонентів. Проте, є й значні виклики, зокрема високі витрати на впровадження новітніх систем і складність їх інтеграції з традиційними моделями техніки. Водночас, дослідження свідчать про значний потенціал таких систем у підвищенні продуктивності сільськогосподарських робіт та зменшенні витрат на експлуатацію техніки, що робить це напрямом перспективним для подальших наукових розробок [1-7].

## **5. Методи досліджень**

Для всебічного та обґрунтованого аналізу сучасних ходових систем управління сільськогосподарською технікою застосовуються різноманітні методи дослідження, що дозволяють охопити як теоретичні, так і практичні аспекти проблеми. Кожен метод дає змогу розглянути різні етапи і характеристики ходових систем, що в свою чергу сприяє глибокому розумінню їх ефективності, надійності та впливу на загальну продуктивність сільськогосподарських машин. Зокрема, до основних методів, які використовуються для проведення такого дослідження, можна віднести:

**1) аналіз теоретичних і нормативних джерел.** Цей метод дозволяє дослідити існуючі концепції, підходи і нормативні вимоги до конструкції та експлуатації ходових систем сільськогосподарської техніки. Оцінка технічної літератури, патентних досліджень, а також державних стандартів і нормативів допомагає встановити основні тенденції розвитку та вдосконалення ходових частин, а також визначити критерії ефективності та надійності цих систем;

**2) експериментальні дослідження.** Експериментальний метод є ключовим для вивчення реальної роботи ходових систем в умовах польових досліджень. Цей метод включає:

- **польові випробування** сільськогосподарських машин, що дозволяє на практиці визначити ефективність ходових систем в різних ґрунтових умовах, оцінити маневреність, витрати пального та знос компонентів;

- **динамічні випробування** для визначення поведінки техніки на нерівних і складних ділянках (наприклад, з високою вологістю чи вологими ґрунтами);

- **тестування новітніх систем управління** (інтелектуальних, гідравлічних, автоматизованих) у реальних умовах роботи машин;

**3) моделювання та комп'ютерне симулювання.** Сучасні технології моделювання дозволяють створювати цифрові моделі ходових систем сільськогосподарських машин, що

дозволяє аналізувати поведінку цих систем без необхідності проводити численні фізичні випробування. Комп'ютерне моделювання використовується для:

- **моделювання руху** техніки в різних ґрунтових умовах, що дозволяє передбачити та оптимізувати параметри ходових систем;
- **аналізу динаміки і навантажень** на основні компоненти ходових частин (колеса, гусениці, підвіски) при різних умовах експлуатації;
- **оптимізації параметрів** ходових систем для зниження зносу і підвищення ефективності роботи техніки;

**4) метод обробки статистичних даних.** Використання статистичних методів дозволяє оцінити ефективність роботи сільськогосподарської техніки за допомогою великих обсягів даних, отриманих під час експлуатації техніки. Цей метод включає:

- **аналіз даних витрат пального**, зносу компонентів, частоти технічного обслуговування, що дозволяє порівняти ефективність різних типів ходових систем;
- **оцінка продуктивності** сільськогосподарських машин на основі статистичних даних про кількість обробленої площі, витрати ресурсів, час на виконання операцій;
- **порівняння економічної ефективності** різних систем управління для виявлення найбільш вигідних з точки зору витрат і результатів;

**5) метод аналітичного порівняння.** Цей метод передбачає порівняння існуючих систем управління ходовими частинами сільськогосподарської техніки на основі критичних показників, таких як витрати пального, знос, продуктивність та екологічні параметри. За допомогою цього методу можна визначити, яка саме система є найбільш ефективною для певних умов роботи. Порівняння новітніх інтелектуальних і традиційних систем дозволяє оцінити їхні переваги і недоліки в різних експлуатаційних умовах;

**6) метод моделювання процесів.** Метод застосовується для моделювання взаємодії сільськогосподарських машин з ґрунтом, що дозволяє точно визначити параметри тягових зусиль, знос технічних компонентів та витрати пального. Цей метод передбачає аналіз процесів, що відбуваються під час руху техніки, з врахуванням змінних факторів (температури, вологості, стану ґрунту тощо);

**7) метод економічного аналізу.** Для оцінки ефективності використання сучасних ходових систем застосовується метод економічного аналізу. Оцінюються витрати на впровадження нових технологій і їх вплив на загальні витрати на експлуатацію техніки, що дозволяє визначити рівень економії в результаті використання новітніх систем управління.

**8) метод експертних оцінок.** У разі відсутності точних даних або складності у порівнянні параметрів різних систем, застосовуються методи експертних оцінок. Цей метод використовується для отримання суб'єктивних оцінок від фахівців і практиків, що дозволяє зробити висновки на основі їх досвіду роботи з різними типами ходових систем.

Використання комплексного підходу із застосуванням різноманітних методів дослідження дозволяє отримати всебічну картину щодо сучасних ходових систем управління сільськогосподарськими машинами. Це дозволяє не лише детально оцінити технічні характеристики, а й оптимізувати використання ресурсів, знижувати експлуатаційні витрати та підвищувати ефективність сільськогосподарських робіт.

## 6. Результати досліджень

Питання вибору трактора або комбайна для будь-якого підприємства актуальне. Вплив ходової системи трактора на ґрунт залежить від типу рушії (гусеничний, з колесами) і ваги трактора. При використанні тракторів МТЗ-80, ДТ-75М, Т-70С глибина закладення досягає 45 см, Т-150К і К-700 закладення на глибину до 50-70 см. іноді ущільнення від дії ходової системи тракторів Т-150К і К-700 розтягуються на глибину 1-1,2 м, і в той же час об'ємна маса відвального шару і підорного шару значно збільшується, досягаючи 1,35-1,45 г/см<sup>3</sup>, а об'ємна маса відвального шару і підорного шару значно збільшується, а загальна пористість

знижується на 23-25%. У багатьох є у ґрунтово-кліматичних зонах щільність ґрунтових структур не відновлюється самостійно в наступні роки [8].

Перед покупкою трактора рекомендується якомога точніше визначити певні умови, в залежності від професійного напрямку господарства, кліматичної зони та економічних факторів, при яких техніка буде працювати тривалий час.

Ущільнення в основному залежить від вологості ґрунту і тиску двигуна на ґрунт. При однаковому тиску в колесі, в залежності від вологості, ущільнення в сухому ґрунті на 10-15% менше в порівнянні із середнім вмістом води. На перезволожених ґрунтах стиснення поширюється швидше і може бути на 15-20% вище на ґрунтах середньої вологості. Тому для якнайшвидшого введення тракторів в експлуатацію потрібен ретельний аналіз [9].

Використання різних типів шин і тиску в шинах також важливо для забезпечення стиснення під час оранки (рис. 1).

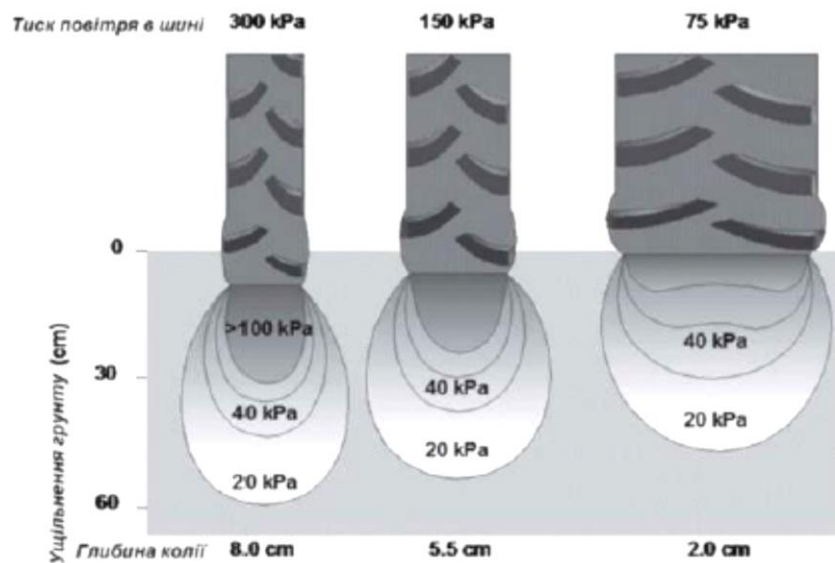


Рис. 1. Деформація ґрунту під дією колісної ходової системи.

Особливо при вирощуванні овочів, використання широких шин дуже обмежена. На ринку сучасної сільськогосподарської техніки у виробників досить широкий вибір, і при покупці виникає складна проблема вибору типу рушія. Гусеничні трактори як і раніше займають досить скромне місце в сучасному агропромисловому комплексі України. Насправді такі трактори в основному використовуються в агрохолдингах і великих фермерських господарствах. При цьому враховується коефіцієнт ущільнення ґрунту. Об'єктивно, використання гусеничних тракторів не є вирішенням проблеми боротьби з ущільненням ґрунту, і ця проблема є досить спірною. Переведення сільськогосподарського парку техніки на повністю гусеничний найдешевше задоволення і не завжди може бути рекомендований з економічної точки зору.

Колісні трактори є найбільш поширеними і мають ряд переваг:

- економічність, швидкість пересування може досягати 50 км / год;
- можливість пересування по дорогах загального користування;
- більш низькі витрати на технічне обслуговування.

Основним недоліком є надлишковий тиск ґрунту [9]. Найбільш перспективним способом збільшення переваг колісних рушіїв без істотної зміни конструкції трактора є використання здвоєних коліс. Завдяки збільшеній площі контакту шини з ґрунтом збільшується тягове зусилля гребного гвинта, що покращує якість зчеплення навіть в погану погоду і під час польових робіт ранньою весною, що призводить до зменшення ущільнення ґрунту. Додаткові колеса дозволяють знизити тиск на шину і, відповідно, певний тиск на ґрунт. Багато відомих

компаній намагаються вирішити ці проблеми за рахунок збільшення кількості осей, ширини шин і технічного рішення самих шин.

Гусеничні трактори діляться на напівгусеничні і гусеничні на гусеничному ході. До переваг гусеничних рушіїв відноситься те, що загальна площа гусеничних тракторів в середньому на 40-60% більше в порівнянні з аналогічними показниками колісних тракторів. Таким чином, тиск багатотонної машини на ґрунт стає менше, в результаті чого знижується ступінь стиснення.

Головна перевага полягає в тому, що ви можете вийти на поле раніше на початку сезону і залишатися на полі якомога довше в кінці сезону. Трактори з гусеничним або напівгусеничним двигуном в поєднанні з широким спектром висівних агрегатів, які можуть висівати зернові та технічні культури на затоплюваних ґрунтах, більш ефективні.

Таким чином, коротко описані переваги гусеничних машин, такі як підвищена продуктивність, зменшення ущільнення ґрунту, певна економія палива і можливість роботи на вологому ґрунті.

Однак у них також є суттєві недоліки, які обумовлені конструктивними особливостями всіх типів гусеничної сільськогосподарської техніки.

Перша – це висока вартість траків, яка значно перевищує аналогічні показники при покупці високоякісних гумових коліс. За різними даними, різниця у вартості становить 10-20%. Додаймо до цього той факт, що з якихось причин гумові вантажівки схильні до швидкого зносу, що може призвести до незапланованих витрат.

Друга проблема – це неможливість швидко перетинати поля, розташовані на відстані більше декількох кілометрів. Це стосується і швидкого зносу гусеничних тягачів, тому такі трактори слід використовувати у господарствах з великою площею земель, де немає великих перетинів між полями, або ж для їх перевезення слід використовувати спеціальний транспорт. Третім незначним недоліком є недостатня працездатність окремих моделей гусеничних тракторів, виникають проблеми при агрегуванні. На розвороті машина може повернути всю грядку, відключивши всі роботи, що виконуються на краю поля. Як правило, ця проблема вирішується шляхом перемикання трактора з 2-х гусениць на 4-х гусеничні (рис. 2).



Рис. 2. Трактор: а) 2 трекові – Challenger MT800;  
б) 4 трекові – CLAAS XERION 12.650 TERRA TRAC.

Аналіз тракторного парку показує, що середній трактор, що використовується в сільському господарстві, має масу 5-6 тон і притискає ґрунт в діапазоні 3-5 т/м<sup>2</sup>, в залежності від типу шини і структури ґрунту.

Зі збільшенням кількості коліс на осі трактора тиск на ґрунт зменшується, але в той же час збільшуються габарити трактора, що ускладнює пересування по дорозі. Збільшення кількості осей до 3 або 4 матиме такий самий ефект, як зниження тиску на землю, зберігаючи при цьому ширину зчеплення трактора.

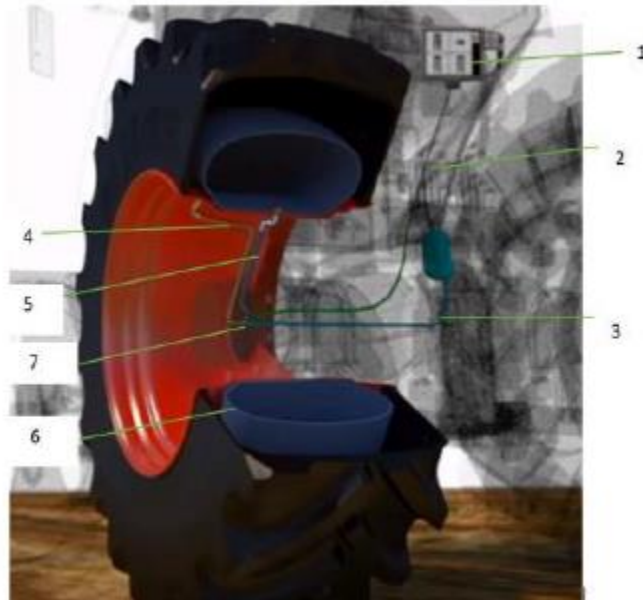
Наприклад, колісні трактори, оснащені радіальними шинами, забезпечують (на 20-25%) меншу прохідність [9-12] в порівнянні з косими і володіють більш високою прохідністю при роботі на м'яких ґрунтах, але з м'якою стороною шин, що є недоліком. І було показано, що при зниженні тиску повітря в шині 16,9R30 з 0,18 до 0,08 МПа максимальний тиск ґрунту знижується на 33% [12]. Нормальне навантаження на колеса трактора сильно варіюється, і трактор експлуатується на ґрунтах з різною структурою і в різних кліматичних зонах, тому рівень тиску в шинах рекомендований виробником з певним запасом, тому неможливо перевищити допустиму межу і перевищити деформацію.

Відома компанія Goodyear пропонує широкий вибір шин з низьким тиском на ґрунт.

Отже, якщо ширина шини становить 1000 мм, Площа опору шини становить 4980 км<sup>2</sup>, а якщо ширина шини становить 1400 мм, Площа опору становить 7260 км<sup>2</sup> [12].

Модернізація і підвищення якості сільськогосподарських шин привели до цікавого рішення, що поєднує переваги гусеничних і колісних тракторів. Чеська компанія Mitas [12, 13] та ізраїльська Galileo wheel розробили різні моделі шин, які поєднують в собі основні переваги гусеничного і колісного рушіїв.

Цікавим рішенням є розробка 2-камерних шин Mitas AirCell, які дозволяють регулювати тиск в шинах в залежності від типу і режиму руху трактора (рис. 2).



**Рис. 2.** Загальна конструкція сучасних агротехнологічних шин Mitas AirCell:

1 – панель управління оператора; 2 – кабель; 3 – лінія накачування колеса компресором;  
4 – насос для зовнішньої шини.

Повітряна камера розташована на ободі всередині шини і становить близько 30% від загального обсягу шини. Компанія стверджує, що оскільки повітряна камера не контактує з самою шиною, вона не створює додаткового тертя або нагрівання.

Принцип роботи і управління: оператор вибирає необхідний тиск в шинах з кабіни трактора на панелі управління 1 за допомогою наступних параметрів:

- структура ґрунту: легка, середня і важка;
- вологість ґрунту: низька вологість, середня і висока вологість;
- розмір шини;
- кількість і вага баласту;
- культиватійні роботи: культивация, обробка ґрунту, глибоке розпушування.

Залежно від заданих параметрів сигнал передається по кабелю 2 на чотирьохходовий кран 7, а повітря, при необхідності, подається по насосній лінії 3 в насосну лінію 4.



Внутрішнє приміщення. При необхідності через клапан скидається знижений тиск повітря. Тиск в шинах може варіюватися від 0,8 атм при роботі на будмайданчику до 2 атм на дорозі. Завдяки наявності незалежного компресора на кожному колесі, час накачування колеса становить 30-35 секунд [12].

В аналогічній насосній системі з одним компресором в системі час перекачування становить менше 10 хвилин, що значно збільшує час простою автомобіля. Використовуючи цей метод регулювання тиску в шинах, ви можете створити більшу площу на поверхні шини на ґрунті і збільшити тягу трактора. Ще одним цікавим рішенням є розробка безповітряних шин в конструкції воздуховода  $\Omega$ -подібної форми (рис. 3). Шина має ребристий профіль з внутрішньої сторони, що дозволяє збільшити площу опору шини на 53% в порівнянні зі стандартними шинами того ж розміру [14], зменшити провисання, підвищити ефективність зчеплення і знизити експлуатаційні витрати в порівнянні зі стандартними шинами. Це забезпечує стабільну їзду і комфорт і безпеку без регулювання тиску в шинах.



**Рис. 3.** Загальний вигляд і розподіл навантаження при використанні безкамерних шин Pneutrac.


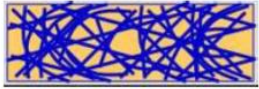

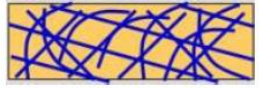




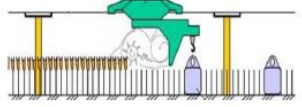



Використання силової установки Pneutrac дозволяє знизити вагу на 20%, тим самим знижуючи тиск на ґрунт. У той же час ширина захвату трактора також зменшується в порівнянні зі звичайними гусеничними. Також є дані про зниження ущільнення ґрунту на 20% за рахунок кращого розподілу ваги на тракторах. Краще зчеплення повітряного гвинта Pneutrac з ґрунтом збільшує тягове зусилля на 6%.

Перевірка ходових систем сільськогосподарської техніки та транспортних засобів вказує на необхідність детального вивчення режиму їх роботи та його впливу на показники родючого шару ґрунту. Був проведений аналіз гусеничних і колісних рушіїв на основі їх впливу на ґрунт, але тепер можна умовно класифікувати наступні рушії:

- при ущільненні ґрунту трактором з двома колесами на осі зниження ваги може досягати  $8-10 \text{ т/м}^2$ ;
- трактор зі спареними колесами на осі, знижена вага якого може досягати  $6-7 \text{ т/м}^2$ ;
- трактор з можливістю регулювання тиску в шинах може досягати зниженої ваги  $5-6 \text{ т/м}^2$ ;
- гусеничний трактор може досягати зниженої ваги  $4-5 \text{ т/м}^2$ .

Тенденція розвитку агрегатів, що дозволяють зменшити тиск на поверхню поля представлено на рис. 4.

Розробка та застосування комбінованого ґрунтообробного агрегату, який одночасно виконує кілька технічних операцій з вирощування сільськогосподарських культур на одній тракторії, дозволяє значною мірою вирішити цю проблему [15, 16]. Однак при використанні цих ґрунтообробних агрегатів питома навантаження на рушій трактора інтенсивно зростає пропорційно кількості машин і обладнання, кількості опорних і підтримуючих ведучих коліс сільськогосподарської техніки і збільшення їх ваги.

Технологія обробки ґрунту	Характер взаємодії з полем	Площа покриття поля слідами машин	Форма і розташування слідів на полі
Традиційна – багато операцій, машини їздять в різних напрямках		82 %	
Нульова (No-till) – менше операцій, машини їздять в різних напрямках.		46 %	
No-till + технологічна колія (CTF) – постійна і однакова ширина колій у всіх машинах		14 %	
No-till + (CTF) + мостовий тягач – постійна і широка колія універсального енергозасобу		7-10 %	
No-till + (CTF) + тягач з точковими опорами на полі		1 %	
No-till + (CTF) + тягач не залишаючий слідів на полі		0 %	

**Рис. 4.** Тенденція розвитку агрегатів, що дозволяють зменшити тиск на поверхню поля.

Між основною відвальною обробкою восени і основною культивуацією з глибоким розпушуванням проводять розгерметизацію горизонтів орних і підземних ґрунтів. Цей метод ефективний, оскільки не тільки дозволяє розпушити ущільнену ґрунт на необхідну глибину, але і сприяє накопиченню вологи в зимовий період і її подальшого утворення. Однак при проведенні весняно-літніх польових робіт виникає необхідність в способі зменшення ущільнення ґрунту безпосередньо під час робіт з підготовки ґрунту.

Для того щоб розморозити спресований ґрунт і вирівняти його по траєкторії руху сільськогосподарської техніки, використовуються слідоруйнівні пристрої різних конструкцій, в тому числі робочий орган, що складається як з простих робочих елементів, так і з комбінованого робочого органу. Обмежуючим фактором в даному випадку є відсутність робочих органів, що працюють з ґрунтом під час весняних робіт на відкритому повітрі при вологості на рівні вище фізичної стиглості. Недоліком в даному випадку є недостатня якість їх забивання і гниття ущільненого ґрунту.

Подальші наукові дослідження спрямовані на вивчення впливу сучасних систем управління на показники родючого шару ґрунту, показники розвитку рослин, а також пошук шляхів підвищення ефективності роботи рушіїв і мінімізації шкідливого впливу на ґрунт.

## 7. Перспективи подальшого розвитку досліджень

Розвиток сучасних ходових систем управління сільськогосподарською технікою є важливим напрямком для досягнення високої ефективності аграрного виробництва, зниження витрат пального, зменшення зносу технічних компонентів та поліпшення екологічних характеристик роботи машин. Подальші дослідження в цій галузі мають потенціал для значних досягнень у кількох напрямках, зокрема:

### 1) інтеграція автономних і безпілотних технологій

Однією з найперспективніших областей для розвитку є інтеграція автономних систем управління в ходові частини сільськогосподарських машин. Вже зараз деякі

сільськогосподарські роботи, такі як посів, обробка ґрунту і збирання врожаю, починають виконуватися без участі оператора завдяки використанню безпілотних тракторів і комбайнів. Перспективи для подальших досліджень включають:

- розробку алгоритмів для автономного руху техніки в умовах складних рельєфів і різноманітних погодних умов;
- поглиблене використання систем машинного навчання та штучного інтелекту для адаптації ходових систем до змінних умов навколишнього середовища та вдосконалення маршрутів і швидкості руху;
- впровадження нових сенсорних технологій (радарів, лідарів, камер) для покращення навігації в автономних системах.

## **2) удосконалення систем зворотного зв'язку і адаптивних систем управління**

Сучасні ходові системи можуть значно виграти від використання більш складних і точних систем зворотного зв'язку, які дозволяють автоматично коригувати роботу машин в реальному часі. У майбутньому це може включати:

- розвиток адаптивних підвісок та гідравлічних систем, які автоматично налаштовуються на зміну умов ґрунту і рельєфу, знижуючи втрати енергії і знос;
- розробку нових систем управління тяговими зусиллями для оптимізації споживання пального і зменшення навантаження на техніку;
- використання біометричних і сенсорних технологій для збирання даних про стан ґрунту, рівень вологості та інші змінні параметри, що дозволяє здійснювати більш точне управління рухом;

## **3) інновації в енергозбереженні та екологічності**

В умовах глобальних екологічних викликів і зростаючих вимог до зниження викидів CO<sub>2</sub> та інших шкідливих речовин, важливими напрямками досліджень є:

- розробка і впровадження гібридних та електричних ходових систем, що забезпечують зменшення споживання пального і знижують рівень шкідливих викидів;
- вивчення можливості використання відновлюваних джерел енергії, таких як сонячні панелі чи біопаливо, для живлення окремих компонентів ходових систем;
- оптимізація енергетичних систем машин за допомогою більш ефективних двигунів і трансмісій, що зменшують витрати пального в реальних умовах роботи;

## **4) покращення взаємодії з іншими системами техніки (інтеграція з системами точного землеробства)**

Однією з основних задач на найближчі роки є інтеграція ходових систем з іншими технологіями точного землеробства, такими як:

- GPS-навігація та системи точного землеробства для забезпечення високої точності виконання операцій (наприклад, автоматичне підтримання оптимальної траєкторії руху);
- використання дистанційних сенсорів і дронів для збору даних в реальному часі про стан ґрунту, що дозволяє коригувати роботу техніки і покращувати результативність обробки;
- інтеграція з системами моніторингу та діагностики, що дозволяє на ходу збирати дані про стан техніки і за потреби вносити корективи в роботу ходових частин;

## **5) розвиток нових матеріалів та конструкцій**

Перспективними для розвитку є дослідження в галузі створення нових легких і високотехнологічних матеріалів для виготовлення ходових частин, що дозволяють знизити вагу техніки, зменшити знос і підвищити ефективність роботи машин. Це можуть бути:

- високоміцні композитні матеріали для виготовлення коліс, підвісок та інших компонентів;
- технології 3D-друку для виготовлення складних деталей з меншими затратами та вищою точністю;
- розробка матеріалів, стійких до високих навантажень та агресивних умов (наприклад, на сильно вологих чи кам'янистих ґрунтах);

### **6) інтеграція в інтернет речей (IoT) та обмін даними**

Розвиток технологій Інтернету речей (IoT) для сільськогосподарських машин відкриває нові можливості для інтеграції ходових систем сільськогосподарської техніки з іншими компонентами агрегації:

- моніторинг стану ходових частин в реальному часі для своєчасного виявлення несправностей або зносу та попередження аварійних ситуацій;
- збір даних і їх передача на центральну платформу для аналітики та прогнозування подальшої експлуатації техніки, що дозволяє вчасно планувати технічне обслуговування і ремонти;

### **7) дослідження впливу ходових систем на стійкість і ефективність сільського господарства**

Подальші дослідження можуть включати вивчення того, як новітні ходові системи впливають на стійкість екосистем, збереження ґрунтів та загальну ефективність сільськогосподарських робіт. Це стосується питання збереження структури ґрунту, зниження ерозії та зменшення навантаження на навколишнє середовище.

Перспективи подальшого розвитку досліджень у галузі ходових систем управління сільськогосподарською технікою виглядають дуже обнадійливо. Розвиток новітніх технологій, таких як автономне управління, інтелектуальні системи, використання відновлювальних джерел енергії, а також інтеграція з іншими системами точного землеробства сприятимуть значному підвищенню ефективності і екологічності аграрного виробництва. У майбутньому це призведе до більш стійких, економічних і екологічно чистих аграрних практик.

## **8. Висновки**

Сучасні ходові системи управління сільськогосподарською технікою є важливим компонентом, що визначає ефективність, економічність та екологічність аграрних робіт. Протягом останніх десятиліть вітчизняні та світові науковці та інженери значно удосконалили ці системи, що дозволяє сільськогосподарським машинам працювати з високою продуктивністю, знижуючи витрати пального, знос технічних компонентів і підвищуючи точність виконання операцій.

Одним із головних досягнень стало впровадження інтелектуальних та автоматизованих систем управління, зокрема, використання GPS-навігації, адаптивних підвісок, автоматичних систем корекції тягових зусиль і безпілотних технологій. Це дозволяє значно підвищити точність обробки ґрунтів, зменшити витрати пального, а також знизити екологічний вплив сільськогосподарської техніки на навколишнє середовище.

Перспективи подальшого розвитку ходових систем в аграрній техніці пов'язані з впровадженням новітніх технологій, таких як автономні системи управління, використання електричних та гібридних двигунів, а також інтеграція машин в систему точного землеробства. Окрім того, важливими напрямками є зменшення зносу технічних компонентів, розробка нових матеріалів для виготовлення ходових частин та оптимізація енергетичних витрат.

Разом з тим, необхідно відзначити, що успішне впровадження цих інноваційних рішень потребує значних інвестицій та адаптації існуючих технічних стандартів, а також врахування екологічних і економічних чинників. Проте, потенціал для удосконалення та оптимізації ходових систем є величезним і має перспективи для значного підвищення продуктивності та ефективності сільськогосподарських робіт у майбутньому.

Таким чином, сучасні тенденції розвитку ходових систем управління сільськогосподарською технікою свідчать про позитивний вплив технологічних інновацій на підвищення ефективності аграрного виробництва, зниження витрат і покращення екологічної ситуації, що відкриває нові можливості для сталого розвитку сільського господарства.

---

### Список літератури:

- 1) Котляр, А. П. (2015). Гусеничні трактори в аграрній техніці. Харків: Аграрна наука.
- 2) Шеремет, І. В. (2018). Колісні ходові частини сільськогосподарських машин. Київ: Наукова думка.
- 3) Петренко, С. О. (2020). Інтелектуальні системи управління сільськогосподарською технікою. Житомир: Полісся.
- 4) Коваленко, Т. В. (2019). Автоматизовані системи управління сільськогосподарськими машинами. Черкаси: Академія аграрних наук.
- 5) Федоренко, В. І. (2017). Гідравлічні системи сільськогосподарських машин. Одеса: Аграрна наука.
- 6) Піроженко, О. І. (2021). Екологічна ефективність сільськогосподарської техніки. Львів: Техніка.
- 7) Дмитренко, М. П. (2022). Проблеми та перспективи впровадження інтелектуальних систем в сільському господарстві. Харків: Вища школа.
- 8) Булгаков В. М., Заришняк А. С., Головач І. В. Від класичних основ землеробської механіки до сільськогосподарських машин майбутнього *Механізація та електрифікація сільського господарства*. 2012. Вип. 96. С.26–34.
- 9) Чигарев Ю.В. Определение плотности почвы между почвозацепами. *Агропанорама*. 2013. №6(100). С. 37–41.
- 10) Надикто В. Т., Улексін В. О. Колійна та мостова системи землеробства: монографія. Мелітополь: ТОВ «Видавничий будинок ММД», 2008. 270 с.
- 11) Кувачов В. П. Механіко-технологічні основи використання спеціалізованих ширококолієних агрозасобів. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2017. Вип. 2 (97). С. 161–166.
- 12) Конкуренто-спроможність технологій і машин / Гарькавий А. Д., Петриченко В. Ф., Спірін А. В. Вінниця: ВДАУ : «Тірас», 2003. 68с.
- 13) Веселовська Н. Р., Брацлавець Б. С., Іскович-Лотоцький Р.Д., Шевченко В.В. Підвищення ефективності зондування ґрунтів на установках з гідроімпульсним приводом *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2022. №2(105). С. 52–64.
- 14) Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку / Д. Г. Войтюк та ін. Київ : Вища освіта, 2005. 464 с.
- 15) Рудь А.В., Мошенко І.О., Бурдега В.Ю., Іліяшик В.В., Михайлова Л.М. Дослідження переуцільнення ґрунту та засоби механізації для його розуцільнення. Збірник наукових праць ПДАТУ. 2014. Випуск 22. С. 377–385.
- 16) Експлуатація машин і обладнання : підручник / Іванишин В. В., Лабазюк П. П., Рудь А. В., Грушецький С. М. Заклад вищої освіти «Подільський державний університет». Кам'янець-Подільський : ТОВ «Друкарня «Рута», 2024. 576 с.

---

## Modern running system of management of agricultural machinery

### Sergii Hrushetskyi

Department of Agricultural Engineering and Systems Engineering named after Mykhailo Samokysh, Institution of Higher Education "Podilskyi State University", Kamianets-Podilskyi, Ukraine

ORCID 0000-0002-0487-6152

### Serhii Oleksiyko

Department of Tractors, Automobiles and Power Equipment, Higher Education Institution "Podilskyi State University", Kamianets-Podilskyi, Ukraine

ORCID 0000-0002-3092-6790

**Maxim Tykhy**

Department of Agricultural Engineering and System Engineering named after Mykhailo Samokysh,  
Institute of Higher Education "Podilskyi State University", m. Kamianets-Podilskyi, Ukraine  
ORCID 0000-0002-0487-6152

---

**Abstract:** Modern control systems for running parts of agricultural machinery play an important role in increasing the efficiency and reliability of the machines. Innovative approaches to the design and implementation of electronic and hydraulic systems allow for precise regulation of the operation of wheel and track systems, reducing fuel consumption, reducing wear of components and increasing the maneuverability of equipment in difficult areas of the field. Modern trends in the industry include the use of automated control systems that integrate GPS navigation, feedback sensors and intelligent algorithms that allow optimizing the movement of equipment. This provides improved precision in tillage, reduced fuel consumption and increased productivity. Systems used in modern agricultural machines also include adaptive suspensions, traction control and automatic speed adjustment, which increase driver comfort and safety, reduce stress on components and allow for work on more difficult and uneven terrain. The implementation of such technologies is an important step towards the sustainable development of the agricultural sector, reducing the negative impact on the environment and increasing the overall efficiency of agricultural work.

**Keywords:** running system, control, agricultural machinery, intelligent systems, automation, hydraulic systems, GPS navigation, precision farming, adaptive suspensions, traction forces, performance, fuel economy, component wear, maneuverability, innovative technologies.

---