

УДК 631.171

## ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТОЧНОСТІ ПРИ ПРОКЛАДАННІ СЛІДІВ ПОСТІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ КОЛІЇ

Кувачов В.П., к.т.н.,

Кольцов М.П., к.с.-г.н.

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

Тел./факс (0619) 42-12-65; e-mail: kuvachoff@mail.ru

**Анотація** – в роботі запропонований новий спосіб забезпечення прямолінійності слідів постійній технологічній колії та оцінено його точність.

**Ключові слова** – колійна технологія землеробства, постійна технологічна колія, машинно-тракторний агрегат, керований рух.

*Постановка проблеми.* В Україні сьогодні встала проблема ущільнення ґрунту ходовими системами енергозасобів та машин в процесі вирощування сільськогосподарських культур [1]. Внаслідок чого факт перевитрати палива на виконанні сільськогосподарських технологічних операціях і недобору врожаїв науковцями очевидний [1].

Одним із напрямків зниження шкідливої ущільнюючої дії машинно-тракторних агрегатів (МТА) на ґрунт є керування рухом (або маршрутизація), що передбачає переміщення ходових систем по постійній технологічній колії (ПТК) [2]. Але ж, якість виконання сільськогосподарських робіт в колійній системі землеробства багато в чому визначена прямолінійністю слідів ПТК та сталістю руху по ній МТА.

В існуючих рекомендаціях з використання ПТК паралельність її слідів і прямолінійність руху МТА прийнято апріорі [3].

Зрозуміло, що прямолінійність руху МТА забезпечується видом технологічної операції, кваліфікацією водія та іншими факторами. Паралельність слідів ПТК можна забезпечити як маркерами, так і системами паралельного водіння агрегатів і автопілоти (GPS-навігація). Але маркерні механізми малоефективні для широкозахватних агрегатів, які рухаються по технологічній колії, а точність супутникових технологій GPS-навігації поки що не дозволяє ефективно їх використовувати саме при прокладанні ПТК на полі. До того ж, слід враховувати те, що ширина захвату кожного агрегату повинна відповідати прийнятому кроку колії:  $V = kC + b$ , де  $V$  – конструктивна ширина захвату агрегату;  $C$  – крок колії;  $k$  – коефіцієнт кратності, що визначає кіль-

кість кроків колії в одній ширині захвату агрегату;  $b$  - величина перекриття суміжних проходів. Необхідною умовою є  $B > C$ , що спрямовано на виключення огріхів. З цієї ж умови коефіцієнт кратності не повинен бути менше 1.

*Аналіз останніх досліджень.* З метою вивчення ефективності керованого руху МТА у дослідному господарстві Південного філіалу ІМЕСГ (сmt. Якимівка, Запорізької обл.) були проведені спеціальні експериментальні дослідження щодо вивчення прямолінійності колії та коливання її кроку на вирощуванні ячменю [4]. Аналіз отриманих результатів показує, що найбільш високочастотний спектр коливань траєкторії сліду колеса трактора спостерігався при закладанні ПТК під час боронування зябу (агрегат - Т-151К, СГ-21, 19БЗТС-1,0). Максимум спектральної щільності параметра оцінювання припав на частоту  $0,13 \text{ м}^{-1}$ , а основний спектр його дисперсії знаходився в діапазоні частот  $0 \dots 0,27 \text{ м}^{-1}$ .

Процес виконання наступних операцій характеризувався постійним зрушенням спектру частот коливання ПТК, з переміщенням максимуму спектральної щільності від  $0,075 \text{ м}^{-1}$  на внесенні добрив – ЮМЗ-6, 1РМГ-4 (ширина спектру  $0 \dots 0,17 \text{ м}^{-1}$ ) до  $0,035 \text{ м}^{-1}$  на культивуванні – Т-151К, КШУ-12 (ширина спектру  $0 \dots 0,15 \text{ м}^{-1}$ ) і прикочуванні (Т-151К, СГ-21, ЗККШ-6). З цього слідує, що кожний наступний агрегат, фільтруючи коливання попередньо прокладеного сліду, спрямляє траєкторію останнього, роблячи її більш прямолінійною.

Щодо енергії коливань даного параметра, то найбільшою вона була при боронуванні зябу - дисперсія склала  $165,8 \text{ см}^2$ . Під час розкидання добрив спостерігається суттєве (на рівні значущості 0,05) зменшення дисперсії до  $127,0 \text{ см}^2$ . Найменше значення дисперсії коливань ПТК спостерігається при культивуванні зябу і прикочуванні –  $74,7$  і  $27,0 \text{ см}^2$  відповідно. Порівняно з двома попередніми операціями приведені значення відрізняються суттєво, а їх відмінність між собою на рівні значущості 0,05 носить випадковий характер.

Швидкість руху боронувального агрегату і внесення добрив на рівні  $2,2 \dots 2,3 \text{ м/с}$  була більша ніж для культиваторного та прикочуючого -  $1,9 \text{ м/с}$ . Зниження швидкості руху останніх агрегатів пояснювалося необхідністю відстежувати слід колеса трактора, зовнішня кромка якого була не дуже чітка.

Колівання відстані між сусідніми проходами агрегатів було незначним. Наприклад, при боронуванні і культивуванні середньоквадратичне відхилення кроку колії склало 7 см, внесенні добрив - 11 см, прикочуванні - 9,9 см, що свідчить про достатність перекриття 0,3 м (два міжряддя при посіві) суміжних проходів агрегатів.

За результатами досліджень [4] науковці з ПФ ІМЕСГ ставили подальшу наукову задачу, яка полягала в оснащенні агрегатів додатко-

вим пристроєм для маркірування сліду правого колеса, що полегшує водіння агрегату і дозволяє підвищити робочу швидкість.

Лабораторно-польові дослідження МТА для здійснення суцільної культивуації зябу і сівби просапної культури по слідах ПТК були проведені професором Надикто В.Т. спеціально розробленим агрегатом на базі трактора ХТЗ-120/160 [5]. Який складався із культиватора КРН-5,6, у якого на всіх секціях, крім третьої, четвертої, шостої і сьомої, замість односторонніх встановлювали універсальні стрілчасті лапи. На четвертій і сьомій секціях культиватора справа (якщо дивитися ззаду знаряддя), а на третій і шостій - зліва, з метою запобігання заготання слідів ПТК залишали відповідні односторонні лапи.

Результати досліджень показали [5], що основний спектр коливань дисперсій траєкторій слідів та кроку ПТК знаходився в діапазоні частот  $0...0,4 \text{ м}^{-1}$ , що при швидкості руху МТА  $7 \text{ км/год}$  становить  $0...1,94 \text{ с}^{-1}$  або  $0...0,3 \text{ Гц}$ . По прокладеним доріжкам рух агрегату для суцільної культивуації зябу не змінив середню значину ширини сліду ПТК. А дисперсія, навпаки, зросла більше, ніж в три рази, хоча спектр її коливань став значно вузким:  $0...0,4 \text{ м}^{-1}$  замість  $0...1,05 \text{ м}^{-1}$ . Далі здійснювали сівбу соняшнику МТА у складі трактора МТЗ-80 та сівалки СУПН-6, який рухався по слідах ПТК без маркерів. Коливання траєкторій рядків соняшнику оцінювали після появи його сходів. Встановлено, що основна доля дисперсії цього процесу зосереджена приблизно в тому ж діапазоні частот ( $0...0,35 \text{ м}^{-1}$ ), що і дисперсія коливань сліду ПТК ( $0...0,4 \text{ м}^{-1}$ ). Проте, якщо в першому випадку значина цього показника дорівнює  $41,25 \text{ см}^2$ , то в другому –  $110,79 \text{ см}^2$ . Більш ніж подвійне зменшення дисперсії коливань траєкторій рядків у порівнянні з коливаннями ПТК можна апіорі пояснити спробою (і здатністю) механізатора спрямляти траєкторію руху посівного агрегату при візуальному відслідковуванні ним слідів ПТК.

За результатами досліджень проф. Надикто В.Т. наголошено на необхідності реєстрації номера ПТК на полі. Для втілення чого рекомендується використовувати ротаційні пристрої, вимірювальним елементом яких у переважній більшості виступає колесо агрегату (трактора або машини), а реєструючим – лічильник обертів, сигнал від якого поступає на відповідну обробку в бортовий комп'ютер МТА.

*Формування цілей статті.* В даній статті запропоновано спосіб забезпечення прямолінійності слідів ПТК при їх прокладанні.

*Основна частина.* Поставлена задача вирішується тим, що прямолінійність слідів ПТК в процесі руху МТА, особливо при її прокладанні, забезпечується за рахунок відслідкування величини кроку ПТК відносно двох маяків, розташованих паралельно руху агрегату, яка порівнюється із заданою (рис.1).

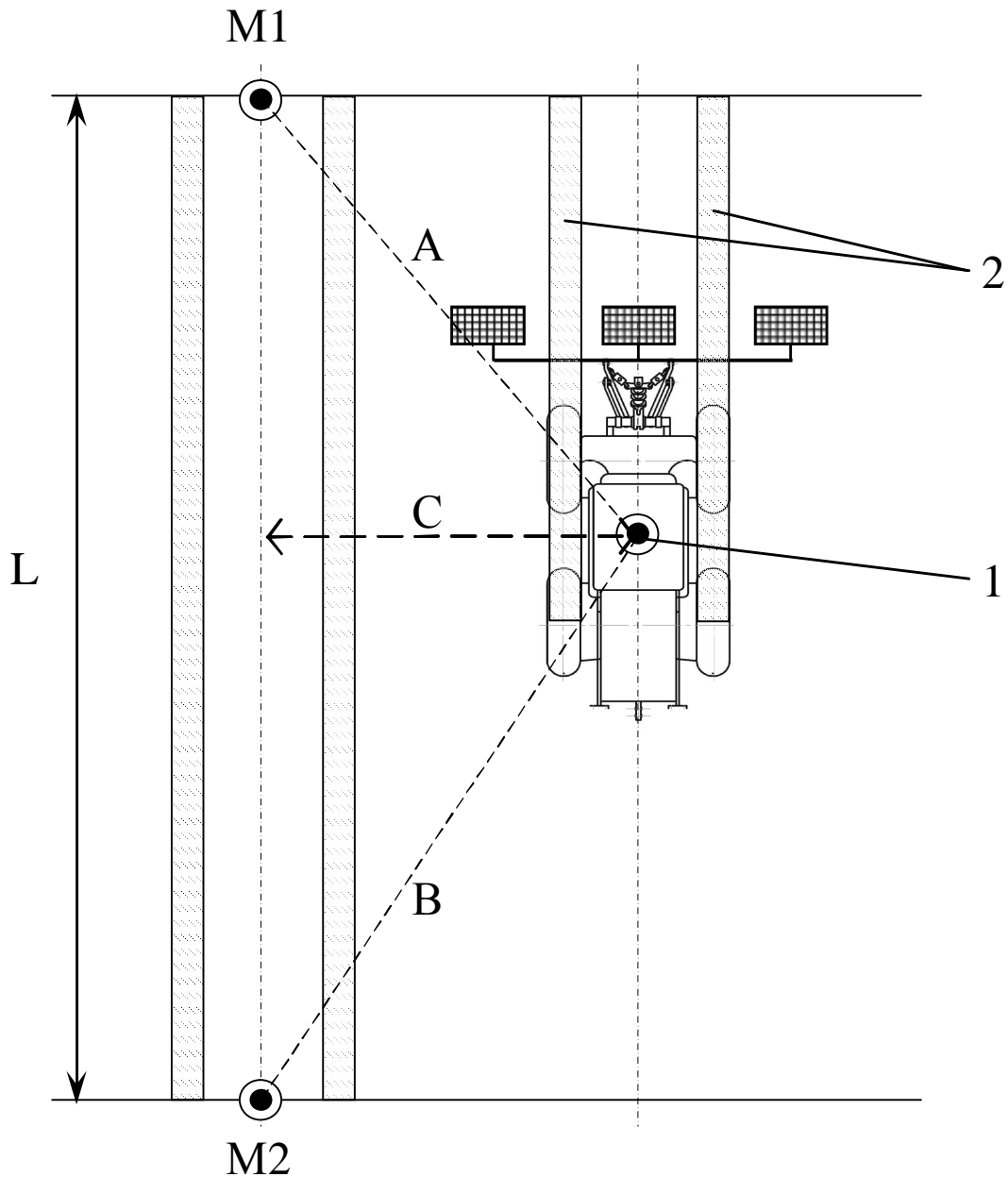


Рис.1. Схема прокладання та забезпечення прямолінійності слідів ПТК МТА: 1 – МТА; 2 - сліди ПТК - з кроком С; М1 і М2 - два маяки, розташованих на відстані L один від одного паралельно руху МТА.

Під час виконання сільськогосподарської технологічної операції в процесі робочого руху МТА формує сліди ПТК. Кожне положення агрегату в процесі руху віддаляє його від маяка М1 на величину А і від М2 - на В. Для забезпечення прямолінійності слідів ПТК визначається величина її кроку С відносно двох маяків за рівнянням:

$$\tilde{N} = \sqrt{\hat{A}^2 - \frac{(\hat{A}^2 + L^2 - \hat{A}^2)^2}{4L^2}} . \quad (1)$$

Отримана величина порівнюється із заданим кроком.

Водій енергозасобу в процесі руху володіє інформацією про відхилення в більшу або меншу сторону траєкторії руху за рахунок порівняння визначеної величини кроку  $C$  технологічної колії із заданою і коректує напрям транспортного руху агрегату.

Така умова автономного орієнтування МТА по сигналам маяків, розташованих паралельно його руху, забезпечує прямолінійність слідів ПТК при їх прокладанні під час виконання технологічної операції. Що дозволяє якісно виконувати сільськогосподарські технологічні операції з найменшими експлуатаційними витратами.

Обґрунтуємо вимоги до точності запропонованого способу. Тобто, яка повинна бути абсолютна похибка ( $\Delta$ ) вимірювань відстаней  $A$  і  $B$  для заданої точності відхилення  $\delta C$ . З класичної теорії математичної статистики відомо, що кількісне значення погрішності непрямої досліджуваної величини складається із похибок величин, які її визначають, а також залежить від виду функціонального їх зв'язку і виражається як:

$$\delta \tilde{N} = \sqrt{\left(\frac{\partial \tilde{N}}{\partial \dot{A}} \Delta \dot{A}\right)^2 + \left(\frac{\partial \tilde{N}}{\partial \dot{B}} \Delta \dot{B}\right)^2}. \quad (2)$$

Зрозуміло, що  $\Delta A$  повинно дорівнювати  $\Delta B$ , тоді після перетворення та розв'язання рівняння (2) отримаємо

$$\Delta \dot{A} = \frac{\delta \tilde{N}}{\sqrt{\left(\frac{\dot{A} \left(2 - \frac{\dot{A}^2 + L^2 - B^2}{L^2}\right)}{2\sqrt{A^2 - \frac{(A^2 + L^2 - B^2)^2}{4L^2}}}\right)^2 + \left(\frac{B \left(\frac{\dot{A}^2 + L^2 - B^2}{L^2}\right)}{2\sqrt{A^2 - \frac{(A^2 + L^2 - B^2)^2}{4L^2}}}\right)^2}}. \quad (3)$$

Результат математичних обчислень по (3) показав (рис.2), що підвищення вимог до точності кроку слідів постійної технологічної колії при її прокладанні прямопропорційно підвищує точність до виміру відстаней до маяків  $M1$  і  $M2$  відносно положення трактора (див рис.1). Із збільшенням відстаней вимірювання до маяків від 100 до 1000 м допустима абсолютна погрішність збільшується на 15%. Її ж величина для похибки кроку колії до 0,1 м становить відповідно 0,08 і 0,095 м.

**Висновки.** При формуванні ПТК на полі орієнтування руху МТА по штатним маркерним механізмам призводить до коливань нерівності слідів колії із середньоквадратичним відхиленням  $\pm (5...13)$  см. Основний спектр дисперсій коливань траєкторій слідів та кроку ПТК знаходиться в діапазоні частот  $0...0,4 \text{ м}^{-1}$ , що при швидкості руху МТА  $7 \text{ км/год}$  становить  $0...1,94 \text{ с}^{-1}$  або  $0...0,3 \text{ Гц}$ . З кожним новим кроком характеристики процесу слід очікувати ще гіршими відносно першої

прокладеної колії на полі. Що не є задовільним результатом для технологій вирощування сільськогосподарських культур із застосуванням ПТК, яка може використовуватися як самостійно, так і в системі точного землеробства.

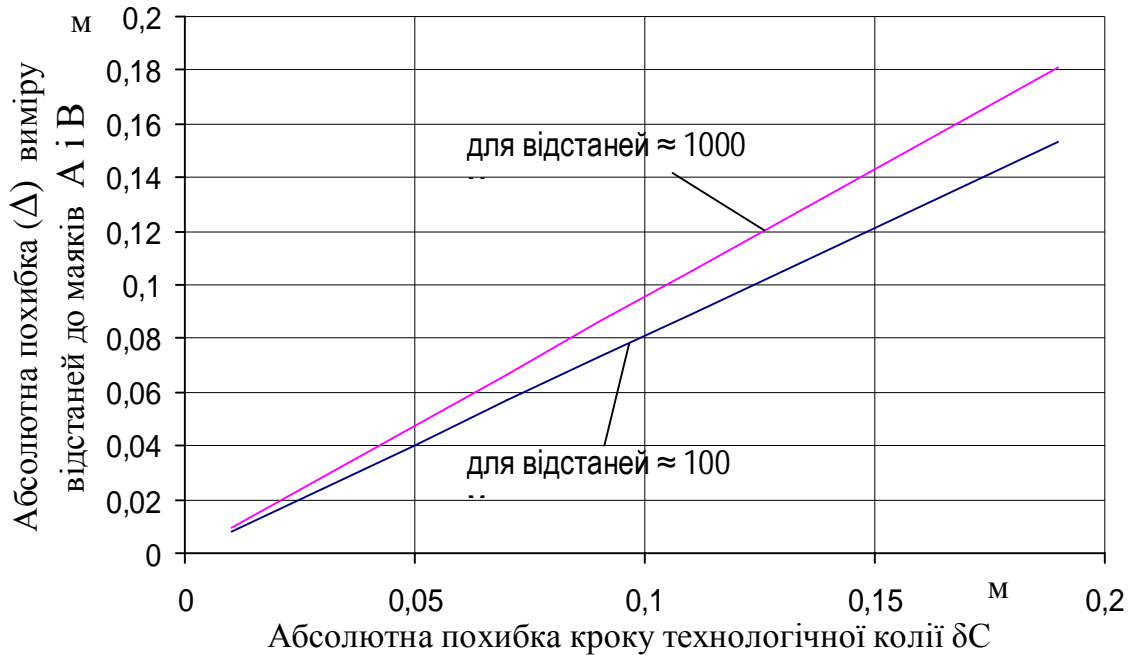


Рис. 2. Залежності точності кроку слідів постійної технологічної колії при її прокладанні від погрішності виміру відстаней до маяків  $M1$  і  $M2$  відносно положення трактора (по рис. 1).

Коливання траєкторії руху МТА по слідах ПТК носить аналогічний характер. Характеристики цього процесу визначені здатністю механізатора відстежувати слід колеса трактора та необхідністю спрямляти траєкторію руху агрегату при візуальному відслідковуванні ним слідів колії.

Забезпечити прямолінійність слідів ПТК можна за рахунок відслідковування величини її кроку відносно двох маяків, розташованих паралельно руху МТА, яка порівнюється із заданою. Це забезпечить задовільну сталість руху агрегату по заданим траєкторіям, навіть, в умовах незадовільної видимості на виконанні сільськогосподарських технологічних операцій.

*Література.*

1. Кушнар'ов А. Методологические предпосылки выбора способа обработки почвы / Кушнар'ов А., Погорелый В. // Техніка в АПК. - 2008. – №1. – С. 17-21.
2. Надикто В.Т. Колійна та мостова системи землеробства. Монографія / В.Т. Надикто, В.О. Улексін. – Мелітополь: ТОВ «Видавничий будинок ММД», 2008. – 270 с.
3. Кутьков Г.М. Качество отслеживания постоянной технологической колеи при культивации зяби / Г.М.Кутьков, В.Д. Черепухин, В.Т. Надикто //Тракторы и сельскохозяйственные машины. - 1992. - №2.
4. Надикто В.Т. Дослідження керованого руху МТА під час вирощування ячменю / Надикто В.Т., Левчук П.Л. // Механізація і електрифікація сільського господарства. – 1995. - Вип. 81.
5. Надикто В.Т. Дослідження руху МТА для суцільної культивації зябу та сівби по слідах постійної технологічної колії / Надикто В.Т., Аюбов А.М. Збірник наукових праць НАУ. – 2006. - Вип. 101.

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТОЧНОСТИ ПРИ ПРОКЛАДЫВАНИИ  
СЛЕДОВ ПОСТОЯННОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ КОЛЕИ**

Кувачев В.П., Кольцов Н.М.,

*Аннотація*

**В работе представлен новый способ обеспечения прямолинейности следов постоянной технологической колеи.**

**ENSURING HIGH ACCURACY FOR LAYING SHOULD  
CONSTANTLY TECHNOLOGICAL TRACK**

V. Kuvachov, M. Kol'tsov.

*Summary*

**The work presents a new way to provide chenny-straightness should constantly gauge technology and eye-ited accuracy.**