



УДК 631.311

ОБҐРУНТУВАННЯ КРИТЕРІЇВ ОПТИМАЛЬНОСТІ СУМІСНОГО МАРШРУТИЗОВАНОГО РУХУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО КОМПЛЕКСУ МТА

Кувачов В.П., к.т.н.,

Мітков В.Б., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

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

Анотація – в роботі обґрунтовані критерії оптимальності сумісного маршрутизованого руху технологічного комплексу МТА в горизонтальній площині.

Ключові слова – система паралельного водіння, **Controlled Traffic Farming**, критерії оптимальності, моделювання динамічних систем.

Постановка проблеми. В більшості сільськогосподарських операцій до 90 % перероблюємої механізатором інформації є траєкторне відслідковування напрямку руху агрегату. Це обумовлює необхідність і важливість створення систем автоматичного водіння МТА, які дозволяють автоматизувати процес керування.

Маршрутизація водіння машинно-тракторних агрегатів (МТА) або система автоматичного водіння (Controlled Traffic Farming) вже довела свою ефективність за кордоном [1]. Вона сприяє вирішенню завдань переходу від комплексної механізації до комплексної автоматизації сільськогосподарського виробництва і виступає потужним фактором інтенсифікації рільництва, де відкриває можливості підвищення продуктивності праці в сільському господарстві. Тому розв'язання наукових основ маршрутизованого руху МТА є однією з найактуальних науково-технічних проблем сучасності.

Сьогодні у світовій практиці використовуються кілька систем паралельного водіння машинно-тракторних агрегатів різних виробників (Outback S, Greenstar, Trimble EZ Guide, Raven Starlink та ін.), які дозволяють забезпечити точність автоматичного водіння від 9 до 23 см [2].

При використанні систем паралельного водіння спеціальні навігаційні прилади розраховують кожний наступний прохід по полю так, щоб він був паралельний попередньому. За допомогою такого водіння можна робити паралельні прямі й криві, а також кругові й спіральні ряди. Система автоматичного водіння дозволяє зменшити перекриття агрегатів в роботі, витрати палива, трудовитрати, незалежно від виконаної операції - обробка ґрунту, посівні роботи, обприскування або внесення добрив, зокрема під час туманів, запиленості, у період темряви. За даними [4] система паралельного водіння дозволяє виключити огріхи при виконанні сільськогосподарських робіт, які становлять 15-25% від площі поля. Економія технологічних матеріалів становить близько 20% на га, продуктивність збільшується на 13-20%. За рахунок концентрації уваги механізатора тільки на керуванні трактором (немає необхідності орієнтуватися на попередні гони) і за рахунок виконання робіт уночі продуктивність агрегату збільшується в 1,5-1,8 рази відносно виробітку у світлий час доби, скорочуються агрономічні строки виконання сільськогосподарських робіт. До того ж, система дозволяє швидше проходити поворотні смуги, оскільки мінімізуються помилкові дії при проходженні поворотів. Крім цього, знижується стомлюваність механізатора, що підвищує безпеку проведення робіт та їх якість.

Маршрутизація руху МТА створює передумови технології колійного землеробства, згідно з якою функціональне призначення площі поля розподіляється на плодоносну (агротехнічну) та технологічну (інженерну) зони [3], які представляють собою технологічні колії для руху агрегатів. І в процесі підготовки ґрунту, сівби та догляду за посівами всі операції виконуються по постійній колії.

Використання енергонасичених тракторів кл. 3 та вище дозволяє створювати системи машин для комплексної механізації технології колійного землеробства. До основних критеріїв ефективності моделювання оптимальних комплексів машин в системі колійного землеробства є мінімізація площі на полі під технологічну зону. Це реалізується за рахунок використання широкозахватних агрегатів, застосування більш вузьких шин коліс енергозасобів, відповідності параметрів колії ходових систем с.-г. машин і енергозасобів.

При сумісному руху технологічного комплексу МТА в горизонтальній площині по одній траєкторії виникає проблема забезпечення щонайменшої ширини технологічної колії.

Аналіз останніх досліджень. Дослідженням руху широкозахватних МТА було приділено достатньо уваги як вітчизняними, так і іноземними вченими.

З питань моделювання динамічних систем, механізмів та приводів робочих органів сільськогосподарських машин відомі роботи: А.Б.Лур'є, П.М. Василенка, В.Д. Шаповалова, І.С. Нагорського, Л.Ф.Ханка, Л.В. Погорілого, Д.Г. Войтюка, В.В. Брея, А.С. Кушнар'ова, Б.Х. Драганова, В.М. Булгакова, Л.Г. Гром-Мазнічевського, В.М.Третяка, І.В. Баєва та інших.

З питань технологічної надійності динамічних систем сільськогосподарських машин найбільший вклад внесли: В.Я. Анілович, М.М.Севернов, В.М. Міхлін, В.А. Кузнецов, Б.І. Костецкий, Р.В. Кугель, А.Ш. Рабінович, Г.В. Величкін, Л.В. Погорілий, В.І. Прейсман, В.Я. Сковородін, А.І. Бойко, В.В. Адамчук, М.В. Молодик та інші.

В напрямку розробки та проектування адаптованих систем сільськогосподарських машин вклад внесли: В.П. Горячкін, П.М. Василенко, Г.М. Синеоков, В.Т. Надикто, Л.В. Погорілий, Д.Г. Войтюк, Я.С.Гуков, В.О. Дубровін, І.І. Мельнік, С.С. Тищенко, В.С. Обухова, В.І. Корабельський, В.П. Юрчук, Л.В. Аніскевич та інші.

На основі проведеного аналізу зроблено висновок, що для теоретичного моделювання сумісного руху технологічного комплексу МТА в горизонтальній площині за критеріями оптимальності приділено недостатньо уваги. До того ж, доцільно мати узагальнений критерій, який дозволяє здійснювати порівняння різних варіантів комплектування агрегатів і режимів їх руху при розбіжних оцінках за різними критеріями.

Формулювання цілей статті. Обґрунтування параметрів агрегування і режиму руху агрегатів, з метою забезпечення мінімальної площі технологічної зони і покращення експлуатаційних показників роботи є актуальною задачею колійної технології землеробства. Для цього слід обґрунтувати критерії оптимальності сумісного маршрутизованого руху технологічного комплексу МТА в горизонтальній площині.

Основна частина. Розглянемо динамічну модель сумісного руху технологічного комплексу МТА в горизонтальній площині (рис. 1).

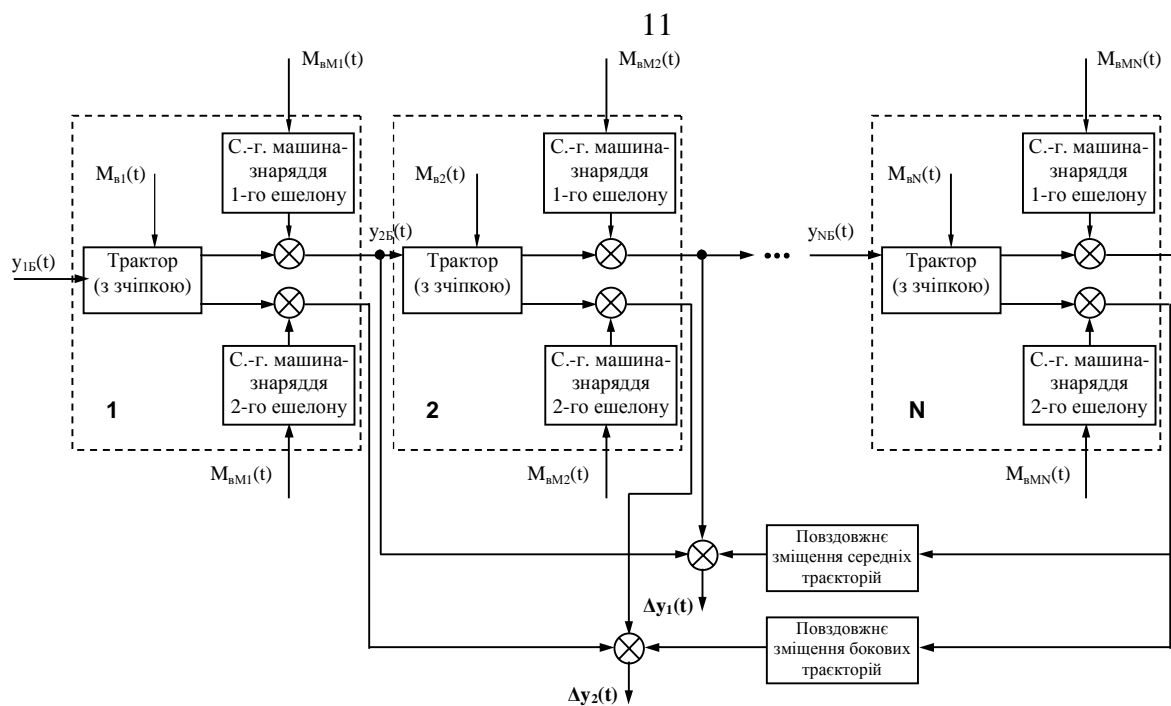


Рис. 1. Схема утворення взаємних поперечних відхилень сумісного руху технологічного комплексу МТА:
 $u_{NB}(t)$ – вхідний вплив базової траєкторії, відповідно N-го агрегату в технологічному комплексі;
 $M_{BN}(t)$ – вхідний вплив збурюючого моменту, що діє на трактор, відповідно N-го агрегату в технологічному комплексі;
 $M_{BMN}(t)$ – вхідний вплив збурюючого моменту, що діє на машину-знаряддя N-го агрегату;
 $\Delta y_1(t), \Delta y_2(t)$ – реалізації взаємних поперечних відхилень траєкторії робочих органів технологічного комплексу МТА, відповідно по ешелонам.

В якості критеріїв оптимальності руху можна використовувати – сталість, стабільність, керованість, якість і енерговитрати [5].

Аналіз кількісних вимірників цих показників дозволив обґрунтувати критерії (табл. 1).

В якості узагальненого критерію оптимальності сумісного руху технологічного комплексу МТА в горизонтальній площині можна використовувати комплексний частотно-дисперсний показник оцінки непрямолінійності рядків просапних культур, запропонований к.т.н. Чорною Т.С. [6]. Тобто, прямолінійність руху агрегату можна вважати прийнятною, коли виконуються дві наступні умови:

- 1) дисперсія коливань траєкторій руху агрегату $Dy \leq 12,5 \text{ см}^2$;
- 2) спектральна щільність коливань траєкторій руху $Sy(\omega) \leq 0,25 \text{ м}^{-1}$.

**Критерії оптимальності сумісного руху
технологічного комплексу МТА в горизонтальній площині**

№ j-го критерію	Властивість руху МТА	КРИТЕРІЙ			
		Основний		Допоміжний	
		Позначення	Найменування	Позначення	Найменування
1	Ступінь (запас) динамічної сталості	τ_{\max}	Максимально допустима затримка в керуванні МТА, с	-	-
2	Практична сталість	D_y	Середня дисперсія поперечних відхилень центру опору машини-знаряддя, см^2	$P_{уст}$	Показник сталості, рад.с/м
3	Стабільність руху	D_v	Середня дисперсія поперечних швидкостей центру опору машини-знаряддя, $\text{см}^2/\text{с}^2$	$P_{ст}$	Показник стабільності, м^{-1}
4		σ_α	Середньоквадратичне відхилення кутових зміщень трактора і машини-знаряддя, рад	$K_\beta(\tau)$	Тривалість спадання до нуля автокореляційної функції
5	Керованість	$D_{\Delta v}$	Дисперсія відхилень точки візування від базової лінії, см^2	$P_{упр}$	Показник керованості, рад.с
6	Стабільність керування	$D_{\Delta v}$	Дисперсія поперечних швидкостей точки візування, $\text{см}/\text{с}$	-	-
7	Статична робота водіння	D_β	Дисперсія кутових відхилень рульового колеса, рад	σ_β	Середньоквадратичне кутове відхилення рульового колеса, рад
8	Енерговитрати	g	Погектарна витрата палива, кг/га	-	-
9	Якість	D_y	дисперсія коливань траєкторій руху агрегату	-	-
		$S_y(\omega)$	спектральна щільність коливань траєкторій руху		
10	Стабільність якості	$\dot{D}_{\Delta v}$	Середня дисперсія взаємних поперечних швидкостей траєкторії центру опору машин-знарядь, $\text{см}/\text{с}$	-	-

Висновок. Проведений аналіз кількісно-якісних показників руху МТА в горизонтальній площині дозволив обґрунтувати критерії оптимальності сумісного маршрутизованого руху технологічного комплексу МТА, що дозволяє створювати умови для підвищення точності управління процесом автоводіння за заданим напрямком та оптимізувати технологічну зону траєкторії руху агрегатів.

Для оцінки сумісного маршрутизованого руху технологічного комплексу МТА в горизонтальній площині за вищерозглянутими критеріями оптимальності необхідно мати реалізації спектральних характеристик траєкторії руху в горизонтальній площині, збурюючих моментів, які діють на трактор і окремі машини-знаряддя, частотних характеристик поперечних відхилень траєкторії робочих органів технологічного комплексу МТА.

Література.

1. Agriculture. Tracks vs. Wheels: Режим доступу: <http://www.finning.ca/industries/divisions/agriculture/trackswheels.asp>
2. Баранов Г.Л. Навігаційне забезпечення динамічної точності високошвидкісної реалізації агротехнологічних операцій механізованого виробництва сільськогосподарської продукції рослинництва у зонах ризикованого землеробства / Г.Л. Баранов, Р.В. Мельник // Системи управління, навігації та зв'язку. - 2009. – Вип. 3(11). – С. 8-12.
3. Надикто В.Т. Колійна та мостова системи землеробства. Монографія / В.Т. Надикто, В.О. Улексін. – Мелітополь: ТОВ «Видавничий будинок ММД», 2008. – 270 с.
4. Ридецкая И.Н. Снижение затрат на сельскохозяйственное производство путем внедрения систем параллельного вождения / И.Н. Ридецкая, А. М. Минченко // Материалы VII Международной научно-практической конференции: «стратегия и тактика развития производственно-хозяйственных систем». - Гомель, 24–25 ноября 2011.-С.41-43.
5. Басев І.В. Обоснование параметров агрегатирования и режима движения трехмашинных полунавесных агрегатов с трактором Т-150 на посевах и на междурядной обработке пропашных культур: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук / І.В. Басев. - Харків, 1989. – 20 с.

6. Чорна Т.С. Частотно-дисперсійний показник оцінки непрямолінійності рядків просапних культур / Т.С. Чорна, В.Т. Надикто, А.І. Панченко // Праці ТДАТА. – Мелітополь: ТДАТА, 2007. – Вип.7, т.1. – С. 240 – 243.

**ОБОСНОВАНИЕ КРИТЕРИЕВ ОПТИМАЛЬНОСТИ
СОВМЕСТНОГО МАРШРУТИЗИРОВАННОГО ДВИЖЕНИЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА МТА**

Кувачев В.П., Митков В.Б.

Аннотация – в работе обоснованы критерии оптимальности совместного маршрутизированного движения технологического комплекса сельскохозяйственных агрегатов в горизонтальной плоскости.

**BACKGROUND CRITERIA FOR OPTIMUM CONTROLLED
TRAFFIC FARMING TECHNOLOGY COMPLEX AGRICUL-
TURAL UNITS**

V. Kuvachev, V. Mitkov

Summary

The paper joint optimality criteria controlled traffic farming technological complex farm units in the horizontal plane is grounded.