

НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

На правах рукопису

ШКАРІВСЬКИЙ Григорій Васильович

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПРОСАНИХ АГРЕГАТІВ
НА БАЗІ КОЛІСНОГО ТРАКТОРА ТЯГОВОГО КЛАСУ 3
ОНА ПРИКЛАДІ Т-150Ю

Спеціальність 05.20.01 -

"Механізація сільськогосподарського виробництва"

Автореферат дисертації
на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

КИЇВ - 1996



00760269 (U)

Дисертація є рукопис.

Робота виконана в Інституті механізації та електрифікації сільського господарства Української академії аграрних наук.

- Науковий керівник: доктор технічних наук,
професор О.О. Єшин
- Офіційні опоненти: доктор сільськогосподарських наук,
професор В.С. Глуховський
кандидат технічних наук,
старший науковий співробітник
М.О. Кривошея
- Провідна установа: Український державний центр по
випробуванню та прогнозуванню
техніки і технологія для сіль-
ськогосподарського виробництва
(УкрЦВТ)

Захист дисертації відбудеться "13" червня
1996 року о 14³⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої
ради Д С1.05.04 в Національному аграрному університеті за
адресою: 252041, м. Київ-41, вул. Героїв Оборони, 12; учб.
корп. 7, аудиторія 27.

Просимо взяти участь в обговоренні дисертації або наді-
слати Ваш відгук на автореферат у 2-х примірниках, завірений
гербовою печаткою, за адресою: 252041, м. Київ-41, вул.
Героїв Оборони, 15, сектор захисту дисертацій.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці
Національного аграрного університету.

Автореферат розісланий "29" червня 1996 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради,
кандидат технічних наук, доцент *В.Д. ГРЕЧКОСІЯ*

ЛНБ ім. В. Стефаніка
АН України

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Однією з основних умов зниження собівартості продукції рослинництва є підвищення продуктивності праці у технологічному процесі вирощування с.-г. культур і скорочення витрат матеріальних засобів на одиницю продукції.

Просапні культури в Україні займають лише 34 % загальної посівної площі, а догляд за ними потребує 60 % всіх затрат праці в рослинництві. Однією з причин цього є мала продуктивність роботи агрегатів (в основному просапних). Останнє пояснюється тим, що ці агрегати створені на базі тракторів класу 1,4, чим обумовлюється їх рядність (-4, -6, -8 і -12 залежно від вирощуваної культури). Розв'язати це питання можна за рахунок збільшення ширини захвату машин, що призведе до використання на міжрядному обробітку колісних тракторів більш високих тягових класів. Однак, як показує досвід, використання цих тракторів на міжрядному обробітку не набуло широкого поширення через недостатню точність руху агрегатів на їх базі і незадовільну вписуваність їх ходових систем у міжряддя.

Дослідження, спрямовані на підвищення точності руху просапних агрегатів на базі колісних тракторів тягового класу 3 відносно рядків рослин і забезпечення вписуваності їх ходових систем у міжряддя, являються актуальними.

Мета досліджень - скорочення дефіциту універсально-просапних тракторів за рахунок ефективного використання на міжрядному обробітку просапних культур колісних тракторів тягового класу 3.

Об'єкт досліджень - процес копіювання рядків рослин просапним агрегатом на базі колісного трактора класу 3.

Методика досліджень. Дослідження вписуваності тракторів у міхряддя просапних культур і точності руху агрегатів, а також синтез коригуючого пристроїв проводились теоретичним шляхом (частотними методами аналізу і синтезу лінійних динамічних систем з використанням цифрового моделювання на ПК типу IBM) з наступною експериментальною перевіркою. Вона включала полігонні і натурні випробування, організовані згідно математичної теорії планування експерименту. В процесі випробувань застосовувались прямі і електричні вимірювання неелектричних величин. Отримані дані оброблялись на ПК стандартними методами теорії випадкових функцій, дисперсійного і регресійного аналізу. Процес руху просапного агрегату аналізувався в амплітудній, часовій і частотній областях.

Наукова новизна. Побудовано передаточну функцію просапного агрегату по похибці копіювання. Обґрунтовано і сформульовано в термінах частотних методів вимогу до точності його руху. Побудовано характеристики точності руху просапних агрегатів. Встановлено, що визначальний вплив на неї спричиняється конструктивно-компоновочною схемою агрегату в цілому і трактора зокрема. Обґрунтовано умову прохідності тракторів у міхряддях залежно від типорозміру шин і побудовано характеристику їх прохідності.

Практична цінність. Запропоновано нову конструкцію коригуючого пристрою для просапного агрегату на базі трактора Т-150К, яка дозволяє суттєво підвищити його точність руху відносно рядків рослини.

Реалізація результатів досліджень. На основі результатів досліджень розроблено і виготовлено зразок коригуючого пристрою. Обладнений таким пристроєм просапний агрегат на базі трактора Т-150К пройшов експлуатаційні випробування на

площі 120 га. Результати досліджень використані при розробці двох кінцевих вимог: на універсально-просапний трактор потужністю 63...110 кВт (120...150 к. с.) та на універсальний (орно-просапний) трактор тягового класу 3.

Конкретний особистий внесок. Побудовано передаточну функція просапного агрегату по похибці копіювання. Обґрунтовано і сформульовано в термінах частотних методів вимогу до точності руху просапного агрегату і умову прохідності тракторів у міжряддях залежно від типорозміру шин. Створено програмне забезпечення і проведено моделювання характеристик точності руху агрегатів і їх прохідності у міжряддях. Розроблено структурну і принципову схеми, а також конструкцію паралельного коригуючого пристрою. Проведено експериментальні дослідження агрегату, обладнаного цим пристроєм.

Доля участі в опублікованих у співавторстві працях складає 50 - 80 %, в авторському свідоцтві - 50 %.

На захист виносяться: система умов, вимог і закономірностей, які відносяться до точності руху просапного агрегату; система умов і закономірностей, які відносяться до прохідності колісних тракторів у міжряддях просапних культур; схема коригуючого пристрою, виконаного у вигляді ланки чистого запізнення, який забезпечує відпрацювання вхідного сигналу (поперечні координати рядка рослин, яка відстежена точкою візування) з затримкою, що дорівнює часу проходження агрегатом відстані між точкою візування і робочим органом культиватора.

Апробація роботи. Основні положення роботи доповідались і були схвалені на: Всесоюзній науково-практичній конференції "Науково-технічний прогрес у агропромисловому комплексі" (сел. Глеваха, ІМЕСГ, 1968); Всесоюзному семінарі-наряді

"Застосування тракторів загального призначення на вирощуванні просапних культур" (м. Армавір, ІКФ ВІМ, 1989); науково-технічній конференції "Інженерно-технічне забезпечення виробництва с.-г. продукції в нових умовах господарювання" (сел. Глеваха, ІМЕСГ, 1992); конференції молодих вчених і спеціалістів "Наукові розробки агропромислового комплексу" (м. Нижні Ворота, 1993); науково-технічній конференції "Енергозберігачі технології і технічні засоби для виробництва с.-г. продукції" (сел. Глеваха, ІМЕСГ, 1993); Міжнародній науково-технічній конференції з питань розвитку механізації, електрифікації і автоматизації с.-г. виробництва в умовах ринкових відносин (сел. Глеваха, ІМЕСГ, 1994); щорічній науковій конференції професорсько-викладацького складу і аспірантів, присвяченій 65-річчю факультету МСГ (Київ, НАУ, 1994).

Публікації. По темі дисертації опубліковано 18 робіт, у т. ч. одне авторське свідчення.

Структура і обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається з переліку скорочень, деяких позначень і термінів, вступу, п'яти глав, висновків і пропозицій, списку основної використаної літератури і додатків. Ємліше 297 с., з тому числі 224 с. основного тексту з 20 таблицями і 67 рисунками. Додатки (17 назв) викладені на 73 с.. Список літератури включає 165 назв.

ЗМІСТ РОБОТИ

Вступ. Наведені проблеми зниження собівартості продукції рослинництва, обґрунтована актуальність роботи і викладені основні положення, які виносяться на захист.

ГЛАВА 1. Обґрунтування вибраного напрямку роботи, стан питання і завдання досліджень

Проаналізовані результати досліджень, які стосуються різних аспектів роботи просапних агрегатів як на базі колісних тракторів загального призначення, так і інших - роботи В.М. Бокльга, Б.С. Глуховського, Д.М. Митропана, Я.Е. Ферофіна, К.К. Клейна, С.М. Діятяча, В.В. Дубини, В.В. Зільбернагеля і М.Б. Тевельова, В.П. Козькова, В.І. Коляжкіна, Є.Є. Мелиновського і М.М. Гейцгорі, А.Я. Поляка, В.А. Попова, С.П. Пожидаєва, В.А. Стрижова, В.Я. Тимшенка, J. Rosard, W.J. Adams, J. Foning та інших дослідників.

Проаналізовані також результати досліджень, які стосуються вписуваності ходових систем тракторів у схему посіву культури - роботи А.Я. Поляка, Г.Д. Петрова, В.А. Хвостова, М.В. Позова, Б.І. Цейсаховича, В.А. Скоморохіна, В.В. Шуміхіна та інших дослідників.

Встановлено, що найменше вивченими являються точність руху просапних агрегатів на базі колісних тракторів загального призначення і вписуваність їх ходових систем у схему посіву залежно від типорозміру шин. Зокрема, існуючі вимоги до точності руху просапних агрегатів надто загальні і не пов'язані з агротехнічними вимогами до процесу. Прокідність же тракторів у міжряддях залежно від типорозміру шин, у більшості випадків, вирішується тільки статично, тобто співвідношенням геометричних параметрів трактора, шин і рядків без врахування похибки копіювання колесами трактора конфігурації рядка рослин.

У відповідності з поставленою метою були сформульовані такі задачі досліджень:

- обґрунтувати і сформулювати в термінах частотних методів вимогу до точності руху просапного агрегату;

- обґрунтувати і сформулювати в термінах частотних

методів умову проходності колісних тракторів у мікрядях просапних культур залежно від типорозміру шин;

- встановити закономірності впливу кількісних характеристик конструктивно-компоновочної схеми агрегату на базі колісного трактора на точність його руху відносно рядків;
- розробити пристрій для підвищення точності руху просапного агрегату на базі колісного трактора;
- визначити економічну ефективність розроблених методів підвищення точності руху.

ГЛАВА 2. Теоретичні дослідження

Для формулювання вимоги до точності руху користувалися відомою схемою руху МТА - рис. 1. На ній були виділені

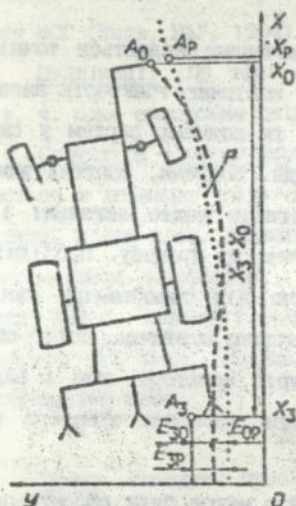


Рис. 1. Схема руху просапного МТА відносно рядка рослин

представлена являється:

$$E_{3P}^{X3} = y_{3P}^{X3} - y_P = (y_{30}^{X3} - y_{00}^{X3}) + (y_{00}^{X3} - y_P^{X3}) = E_{30}^{X3} + E_{0P}^{X3}.$$

точки A_0 , A_3 і A_P , кожна з яких, у загальному випадку, може бути геометричною. Перша з них - точка виступання A_0 (точка перетину променя зору з поверхнею поля), яку водій у процесі руху агрегату намагається сумістити з рядком P , друга точка A_3 - належить робочій машині. Точкою A_P позначена ділянка рядка P , з якою водій намагається сумістити точку A_0 трактора в даний момент часу.

У такому випадку, згідно рис. 1, похибка копівнення рядка рослин P точкою A_3 може бути

де $y_3^{x_3}$, $y_P^{x_3}$ і $y_0^{x_3}$ - бічні координати траєкторій точок A_3 , A_P і A_0 відповідно, взяті при одному і тому ж значенні позовної координати $x = x_3$, мм; $E_{30}^{x_3} = y_3^{x_3} - y_0^{x_3}$ - похибка відпрацювання точкою A_3 агрегату траєкторії точки A_0 , взята при $x = x_3$, мм; $E_{OP}^{x_3} = y_0^{x_3} - y_P^{x_3}$ - похибка відстежування рядка рослин P точкою A_0 (похибка керування), взята при $x = x_3$, мм.

Обмежившись дослідженням похибки $E_{30}^{x_3}$, теоретично було встановлено, що вона має вигляд:

$$E_{30}^{x_3}(p) = (W_a^P(p) - e^{-\tau p}) \cdot y_P^0(p), \quad (1)$$

де $W_a^P(p)$ - фактична передаточна функція агрегату, подана в зображеннях Лапласа; $e^{-\tau p}$ - передаточна функція ланки чистого запізнення.

Співвідношення (1) дає оцінку похибки відпрацювання як в амплітудній, так і у фазовій областях, але для обґрунтування вимоги до точності руху МТА необхідним і достатнім є подання згаданої похибки лише її амплітудов:

$$A_E(p) = |W_a^P(p) - e^{-\tau p}| \cdot a,$$

де $W_a^P(p) - e^{-\tau p} = W_E(p)$ - передаточна функція агрегату по похибці; a - амплітуда вхідного сигналу, м.

Звідси, якщо задатися допустимим значенням амплітуди похибки A_{Don} , формулюється вимога до точності руху просапного агрегату відносно рядків оброблюваних рослин:

$$|W_a^P(p) - e^{-\tau p}| - A_{Don}/a \leq 0. \quad (2)$$

Згідно отриманої вимоги, на рівні кінематики, були побудовані характеристики точності руху просапних агрегатів на базі енергозасобів різних конструктивно-компоновочних схем (класичної з передньо-, фронтально- і задньоначипною машиною та шпінрно-з'єднаної з задньоначипною машиною), і які мають відповідно різні передаточні функції.

У результаті їх аналізу встановлено, що існуючі просап-

ні агрегати (окрім створених на базі тракторів і тракторних шасі з передньою і фронтальною нечіпковою робочою машиною) не задовольняють існуючої вимісти до точності руху, яка передбачає якісне коливання рядків, що характеризується хвилюваними числами до 0,7 рад/м. А агрегати на базі тракторів з шарнірною рамою мають найбільш низьку точність руху. Для її підвищення необхідні суттєві зміни в конструкції трактора. Цей висновок перевірявся на динамічній моделі МТА, для побудови якої, зокрема, визначалися з конструкцією ходової системи трактора, котра забезпечувала б еліпсоидність остянного у мікряддя. При цьому встановлено, що погодження параметрів ходової системи слід проводити двома шляхами - застосуванням технологічних колій (якщо виконується умова $n \geq p$; $n/p \in \mathbb{Z}$; $(N - n)/2p \in \mathbb{Z}$, де n - кількість рядків під трактором; p - рядність збиральної машини; N - рядність сівалки; \mathbb{Z} - множина цілих чисел) і, що більше доцільно, застосуванням здвоєнних коліс меншого типорозміру з пропуском рядка між ними.

Для обґрунтування оптимального типорозміру шин було висунута наступна умова прохідності тракторів у мікряддях:

$$X - B_{\text{ш}}/2 \geq 0,$$

де $B_{\text{ш}}$ - ширина профілю шини, мм; X - відстань від межі захисної зони рядка до траєкторії руху коліс, мм,

$$X = \sigma/2 - A_{E1} - z,$$

де σ - ширина мікряддя, мм; A_{E1} - амплітуда похибки копіювання досліджуванним мостом осі рядка рослин, мм; z - ширина односторонньої захисної зони рядка, мм.

Виконані частотними методами дослідження амплітуди похибки A_{E1} дозволили побудувати характеристики прохідності колісних тракторів у мікряддях різної ширини залежно від розміру шин. Їх аналіз показав, що трактори типу Т-150К,

можуть працювати у мікрядях шириною 700 мм на здвоєних колесах з шинами, типорозмір яких не перевищує 13,6R38.

Для просапного агрегату, який включає трактор Т-150К і культиватор КРН-8,4 була складена і динамічна модель руху, яка в авторефераті не наведена через її громіздкість. За рахунок деяких підстановок вона може застосовуватися і для опису руху агрегатів на базі трактора типу ХТЗ-120.

Отримана з допомогою згадуваної вище динамічної моделі передаточна функція агрегату має такий вигляд:

$$W_{30}(\rho) = \frac{[D_{xx}(\rho) - l_E D_{ax}(\rho)]}{[D_{xx}(\rho) + l_a D_{ax}(\rho) + l_x D_{ax}(\rho) + l_a D_{ax}(\rho) + l_x D(\rho) + l_a D(\rho)]}$$

де $D_{xx}(\rho)$, $D_{ik}(\rho)$ - відповідно головний і допоміжні визначники диференціального рівняння руху агрегату записаного у матричній формі; l_E - виліт робочої машини від осі заднього мосту, l_x і l_a - відповідно довжини передньої і задньої піврам трактора, l_a - виліт точки візування від осі переднього мосту, м.

З використанням наведеної передаточної функції проведення моделювання характеристик точності руху просапних агрегатів, створених на базі тракторів як шарнірно-з'єднаної, так і класичної компоновки. Його результати показують, що агрегат на базі трактора Т-150К з характерними для нього відносним вильотом робочої машини ($l_E/L = 0,916$) і вильотом точки візування l_a , який, згідно вимог ергономіки, не може бути меншим 3,5...4 м (на практиці цей показник досягає 4...6 м), забезпечує якісне копіювання рядків рослин, хвилові числа гармонічних складових викривлень яких не перевищують 0,42 рад/м - рис. 2. Аналогічні результати отримані і при моделюванні характеристик точності руху просапного агрегату на базі трактора типу ХТЗ-120.

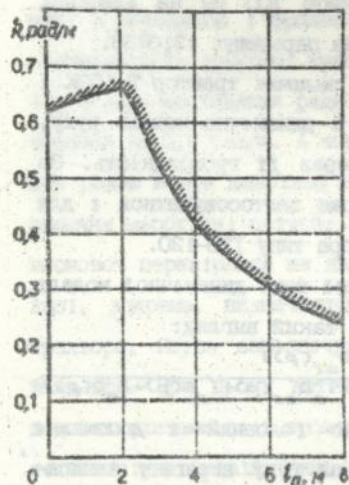


Рис. 2. Характеристика точності руху просяного агрегату на базі серійного трактора Т-15СК залежно від вильоту точки визування ($V=1,95$ м/с)

У зв'язку з цим, була перевірена можливість підвищення точності руху просяного агрегату шляхом зміни його структури - введенням додаткової ланки - коригуючого пристрою (КП).

Враховуючи, що в ідеальному випадку похибка відпрацювання повинна бути рівно нулю, із співвідношення (1) визначили бажану передаточну функцію агрегату:

$$W_a^B(p) = e^{-Tp} \quad (3)$$

З неї отримали, що передаточна функція паралельного КП повинна бути рівна:

$$W_K(p) = e^{-Tp} - W_a^B(p).$$

Оскільки примусові переміщення робочої машини потребують значних затрат енергії, то під час синтезу КП враховувалась і підсилююча ланка, в результаті чого отримали наступну передаточну функцію агрегату, як відкоригованої системи:

$$W_a^K(p) = (1 - W_Y(p)) \cdot W_a^B(p) + W_Y(p) \cdot e^{-Tp}, \quad (4)$$

де $W_Y(p)$ - передаточна функція підсилюючої ланки.

Структурна схема агрегату з таким коригувачим пристроєм приведена на рис. 3.

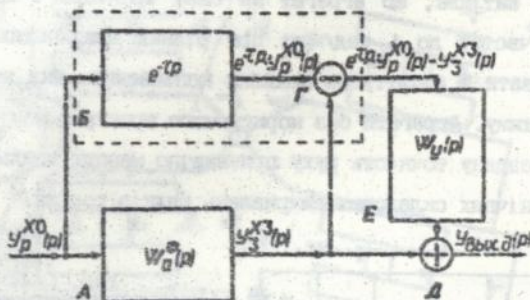


Рис. 3. Структурна схема агрегату з паралельним коригувачим (ланка B і Г) і підсилювачим (ланка E) пристроями

З урахуванням отриманої передаточної функції були побудовані характеристики точності руху агрегатів, створених на базі тракторів типу Т-150К і ХТЗ-120 і обладнаних синтезованим коригувачим пристроєм. В результаті їх аналізу встановлено, що незалежно від конструктивно-композиційної схеми трактора агрегати забезпечують необхідну точність руху відносно рядків, які характеризуються хвилюваними числами не тільки до 0,7 рад/м, але і значно вищими.

Всі згадувані вище характеристики є достатніми для оцінки точності руху просяльних агрегатів, сформульовані у поняттях і термінах технічної кібернетики. Але з позицій агротехніки точність руху агрегату одночасно визначається значенням амплітуди A похибки копіювання робочим органом культиватора осі рядка рослин. Вона визначається з таких співвідношень для агрегатів відповідно:

$$A = \begin{cases} |W_a^p(p) - e^{-T_p}| \cdot a & \text{— без КП;} \\ |(1 - W_y(p)) \cdot W_a^p(p) + W_y(p) \cdot e^{-T_p} - e^{-T_p}| \cdot a & \text{— з КП.} \end{cases}$$

Побудовані згідно цих співвідношень залежності для агрегату на базі трактора Т-150К приведені на рис. 4. З нього витікає, що агрегат на базі трактора Т-150К з КП в зоні частот до 1 рад/м і при рівних швидкостях руху може працювати з амплітудою похибки копіввання, яка не перевищує допустиму. Агрегати без коригувального пристрою можуть забезпечити задану точність руху при значно менших хвильових числах гармонічних складових викривлень рядків рослин.

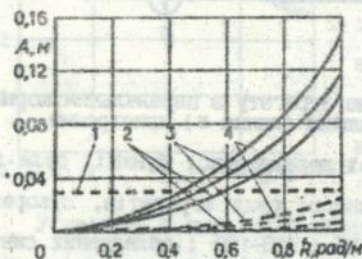


Рис. 4. Амплітуда похибки копіввання рядків агрегатом на базі Т-150К: — для агрегату без коригувального пристрою; - - - для агрегату з коригувальним пристроєм; 1 - максимально допустима, згідно агрономію; 2, 3 і 4 - теоретична для швидкостей руху відповідно 1,52, 1,95 і 2,38 м/с

ГЛАВА 3. Програма і методика експериментальних досліджень

В процесі експериментальних досліджень виконувалися полігонні, натурні і експлуатаційні випробування. Для них був створений агрегат, який експлуатував, обладнаний здвосими колесами з шинами 12R38, трактор Т-150К і культиватор КРН-6,4. крім того на агрегаті було встановлено паралельний коригувальний пристрій. Принципова схема агрегату показана на рис. 5.

Коригувальний пристрій являв собою ланку чистого записування, реалізовану у вигляді записувачо-зчитувального пристрою, який використовував ґрунт у одному з міжрядь у якості носія сигналу. Записувальний пристрій мав вигляд ножа-борозноутворювача 1, розміщеного у передній частині трактора 4. Формування вихідного сигналу виконувалося з допомогою щупа 2, який

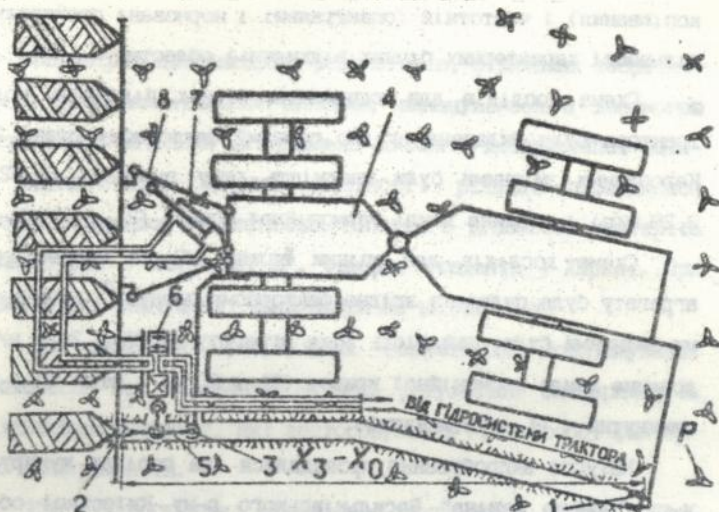


Рис. 5. Принципова схема просапного агрегату на базі Т-15К з паралельним коригувачим пристроєм

рухався в тільки-но створеній борозенці з часовим зсувом (відносно ножа 1) $\tau = (x_3 - x_0)/V$. Вісь 3 щупа закріплена на тракторі, внаслідок чого поводок 5 являв собою ланку віднімання значень вихідних координат ланки запланування (щуп 2) і власне агрегату (вісь 3). Переміщення поводка 5 від середнього положення передавалося на золотник 6 гідропідсилювача, виконавчий пристрій (гідроциліндр) 7 якого і виконував коригувачу дію на робочу машину 9. Як ланку додавання використано розблокований нахилний пристрій 8 трактора.

Полігонні випробування просапного агрегату проводилися для визначення бічних відхилень коліс трактора від заданої гармонічної кривої і для оцінки впливу КП на значення показників, які характеризують процес руху агрегату в амплітудній (дисперсія керуваних дій, дисперсія і амплітуда похибки копіювання), часовій (шлях кореляційного зв'язку похибки

копіванні) і частотній (спектральні і нормовані спектральні щільності характерних бічних відхилень) областях.

Схема дослідів для визначення бічних відхилень коліс тракторе була складена згідно повному факторному плану 2^2 . Керованими змінними були швидкість руху агрегату (1,52 і 2,38 м/с) і довжина хвилі гармонійної кривої (21 і 50 м).

Схема дослідів для оцінки впливу КП на процес руху агрегату була складена згідно факторному плану 2^3 , керованими змінними були: швидкість руху агрегату (1,52 і 2,38 м/с); довжина хвилі гармонійної кривої (21 і 50 м) і стан КП (-1 - вимкнений і +1 - увімкнений).

Натурні випробування проводилися (на посівах кукурудзи к-пу "Прапор Леніна" Васильківського р-ну Київської обл., якої характеризується типовими для Лісостепу України ґрунтово-кліматичними умовами) для оцінки впливу КП на точність руху просіяного агрегату відносно рядків рослин. Останнє виконувалося за значеннями обернених до неї (точності) величин: амплітуди і середньої квадратичної похибки копівання робочим органом агрегату осі рядка рослин. Ці досліді були організовані згідно факторному плану 2^2 , керованими змінними були швидкість руху (1,52 і 2,38 м/с) і стан коригувального пристрою (-1 - вимкнений і +1 - увімкнений). Повторність у всіх схемах дослідів була чотирьохкратною.

При експлуатаційних випробуваннях виконувалися хронометражні спостереження, замір витрати пального і обробленої площі.

Вимірювання характерних величин проводилися з допомогою відповідних пристроїв і пристосувань, їх значення заносилися в робочий журнал. Отримані результати вимірювань піддавалися статистичній обробці.

Перевірка адекватності результатів, отриманих теоретичним і експериментальним шляхами, виконувалася з допомогою розробленої методики інтервально-точкової дисперсійної оцінки адекватності. Оцінка істотності різниці проводилася шляхом перевірки статистичних гіпотез з допомогою критеріїв Колмогорова - Смирнова, ω^2 , Фішера, Студента і Хартлі. При цьому рівні значущості приймалися не нижче 10 %.

Для виявлення регресійних залежностей досліджуваних показників від керованих змінних результати експериментів оброблялися методами, які застосовуються при обробці факторних експериментів.

При обґрунтуванні мінімально допустимої ширини односторонньої установочної захисної зони рядка z_y , виходили з припущення, що похибка копіювання підпорядковується закону нормального розподілу і "правилу трьох сигм". Це дозволило скористатися співвідношенням:

$$z_y = 3 \cdot \sigma + 4,5,$$

де σ - середня квадратична похибка (СКП) копіювання рядка рослин, см; 4,5 - мінімально допустима одностороння захисна зона за біологічними ознаками культури і розвитку рослин по ширині рядка, см.

Згідно з відомими методиками визначалася імовірність підризання рослин при роботі досліджуваних агрегатів.

ГЛАВА 4. Результати експериментальних досліджень і їх аналіз

В результаті обробки отриманих даних встановлено, що всі вибірки підпорядковуються нормальному закону розподілу.

Результати полігонних випробувань підтвердили правильність теоретичних побудов. Зокрема, встановлено, що на досліджуваному днішазні частот передаточна функція підсилю-

ЛНБ ім. В. Стефаника
АН України

чої ланки, незалежно від швидкості руху, з імовірністю довіри 95 % дорівнює одиниці і адекватно відтворює результати теоретичних досліджень.

Обробка результатів полігонних випробувань точності руху привела до отримання рівняння регресії із статистично значущими, на рівні 10 % коефіцієнтами:

$$\sigma = 0,6 - T/14,5 - 1,2 \cdot КП, \quad (5)$$

де σ - середня квадратична похибка копіювання робочим органом культиватора базової гармонійної кривої з довжиною хвилі T ($T = 21$ і 50 м); $КП$ - кодоване позначення стану коригуючого пристрою (-1 - вимкнений і $+1$ - увімкнений).

Вплив довжини хвилі і стану коригуючого пристрою на СКП копіювання показаний на рис. 6а. З нього і рівняння (6) витікає, що незалежно від швидкості руху агрегату і довжини хвилі гармонійної кривої, увімкнення КП зменшує СКП копіювання на 2,4 см, що складає 18...22 % (при довжині хвилі відповідно 21 і 50 м).

Збільшення довжини хвилі гармонійної кривої від 21 до 50 м також позитивно впливає на точність руху агрегату: СКП копіювання зменшується на 2 см.

На рис. 6б зображений розклад дисперсії похибки копіювання гармонійної кривої в ряд Фур'є за хвильовими числами від 0,13 до 0,78 рад/м, що відповідає довжині хвилі 8...50 м. З нього витікає, що при малій довжині хвилі (21 м) основна частка дисперсії похибки копіювання зосереджена на частотах 0,13 і 0,30 рад/м і саме на цих частотах проявляється ефект від застосування КП: на частоті 0,13 рад/м він зменшує дисперсію похибки копіювання більше ніж у чотири рази, а на частоті 0,30 рад/м - на 25 %. На більш високим частотам випробуваний пристрій децю збільшив дисперсію похибки копію-

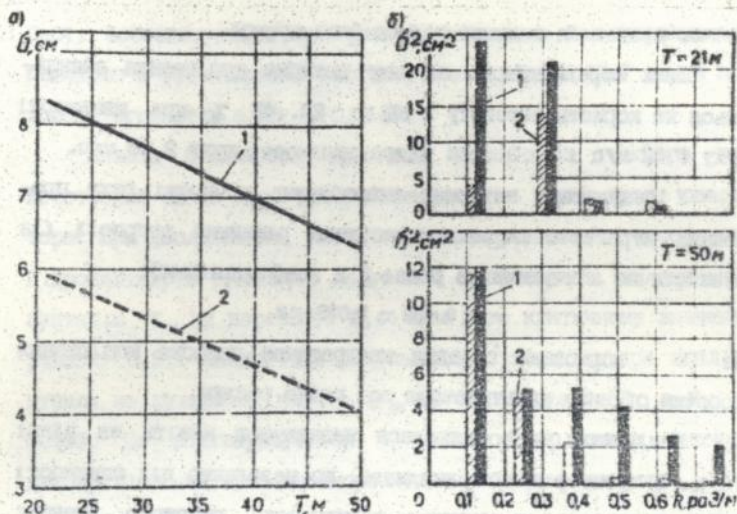


Рис. 6. Вплив коригуючого пристрою (КП) на середню квадратичну похибку копіювання гармонічної кривої (а) і на спектр дисперсії вказаної похибки (б): 1 - КП вимкнений; 2 - КП увімкнений

вання, однак це можна зважати неістотним. Сумарну ж дисперсію похибки копіювання хвилі довжиною 21 м синтезований пристрій зменшує майже вдвічі - від 49 до 25 см^2 .

При довжині хвилі 50 м основна доля дисперсії сконцентрована на частоті 0,13 рад/м, однак саме тут і також на наступній частоті (0,25 рад/м) увімкнення КП не забезпечило істотного зменшення дисперсії. Це може бути пояснене неточними діями водія. На більш високих частотах (вище 0,30 рад/м) КП істотно знижує дисперсію похибки копіювання. Сумарну ж дисперсію похибки копіювання хвилі довжиною 50 м увімкнення коригуючого пристрою зменшує на 44 % - від 39 до 22 см^2 .

В результаті аналізу амплітуди похибки копіювання встановлено, що для її зменшення необхідно підвищувати якість роботи підсилюючого пристрою і якість відстежування

точкою візування заданої гармонійної кривої.

Шлях кореляційного зв'язку похибки копівання зменшується на користь агрегату з КП на 22..42 % при швидкості руху 1,52 м/с і на 3...34 % при швидкості руху 2,38 м/с.

У результаті натурних випробувань точності руху просяпних агрегатів отримано наступне рівняння регресії (із статистично значущими на рівні 2 % коефіцієнтами):

$$\sigma = 0,432 - 0,075 \cdot \text{КП},$$

де σ - нормована середня квадратична похибка копівання робочим органом культиватора осі рядка рослин.

Швидкість руху виявилася незначущою навіть на рівні 10 %. З цього рівняння випливає, що незалежно від швидкості руху агрегату, увімкнення коригувального пристрою зменшує середню квадратичну похибку копівання на 29...30 %.

В результаті аналізу натурних випробувань у частотній області встановлено характер формування похибки копівання робочим органом культиватора осі рядка рослин. Для агрегату без КП основна частина дисперсії згаданої похибки формується за рахунок недоліків конструктивно-компоновочної схеми як агрегату в цілому, так і трактора зокрема. А для агрегату з КП - неточними діями оператора і технічним станом агрегату (вплив недоліків згаданих компоновочних схем мінімізується).

Обґрунтування мінімально допустимої односторонньої захисної зони для роботи досліджуваних агрегатів, яке базується на СКП копівання, показало, що, з імовірністю довіри 95 %, для агрегатів без коригувального пристрою вона повинна складати $17,7_{-0,9}^{+1,0}$ см, а для агрегатів з ним - $13,8_{-0,6}^{+0,7}$ см (фактичне значення цього показника для агрегату на базі МТЗ-80 складає $15,4 \pm 0,9$ см).

Допустима імовірність підрізання рослин, яка рівна

0,01, забезпечується при роботі агрегатів без коригувачого пристрою з установочною захисною зоною рівною 13,7 см, а при роботі агрегатів з КП - 10,5 см.

Аналіз додаткових оціночних показників говорить про неістотний вплив коригувачого пристрою на умови праці оператора. При дослідженні тиску робочої рідини в порожнинах гідроциліндрів рульового керування встановлено, що значення критерію F_p не перевищує 2,44 при його критичному значенні рівному 5,99. Аналогічні результати отримані і при аналізі зусиль на рульовому колесі (F_p не перевищує 1,33, а $F_{кр} = 5,99$). Це підтверджується і аналісом оціночних значень дисперсії зміни кута взаєморозміщення піврешіт тректора.

Обробка результатів досліджень з оцінки витрат потужності на роботу КП показала, що середня, по досліді, потужність рівна 1,82 кВт при середньому тиску 1,06 МПа.

Експлуатаційні випробування 12-рядного просапного агрегату з коригувачим пристроєм показали, що він досягає продуктивності 6,4 га за годину змінного часу при швидкості 2,7 м/с і витраті пального 3,0 кг/га.

ГЛАВА 5. Розрахунок економічної ефективності

Результати розрахунку дозволяють зробити висновок про доцільність використання 12-рядних агрегатів, створених на базі трактора і обладаних паралельним коригувачим пристроєм. Порівняно з восьмирядними агрегатами на базі МТЗ-80 вони забезпечують: підвищення продуктивності в 1,5 рази; зменшення витрат палива на 30,4 %, металомісткості - на 18,5 %; приведені витрати - на 6,5 %. Окрім того, агрегат з КП дозволяє зменшити витрати коштів, які необхідні для придбання гербидів, на 23,6 % у порівнянні з аналогічним агрегатом, але без коригувачого пристрою.

ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

1. Теоретично встановлена і експериментально підтверджена можливість використання просапних агрегатів на базі колісного трактора тягового класу 3 з шарнірно-з'єднаною рамою, що досягається за рахунок забезпечення егзистентності його ходової системи в мікрядях оброблюваної культури і поліпшення точності руху культиватора відносно рядків рослин.

2. Встановлено, що прохідність трактора в мікрядях і точність руху агрегату на його базі відносно рядків рослин визначається конструктивно-компоновочною схемою трактора і агрегату, типорозміром шпін, хвильовим числом гармонійних складових викривлень рядків рослин, амплітудою похибки коливання осі рядка центрами переднього і заднього мостів трактора і робочими органами культиватора. Обґрунтований взаємозв'язок і визначені закономірності зміни цих факторів в залежності від агротехнічних вимог і режимів роботи агрегату.

3. Побудовано передаточну функцію просапного агрегату по похибці коливання і сформульовано вимогу до точності руху агрегату відносно рядків рослин, суть якої полягає в тому, що різниця модуля цієї передаточної функції і відносного значення допустимої амплітуди похибки коливання рядка не повинна мати від'ємних значень.

4. Розроблено паралельний коригувачий пристрій, виконаний у вигляді ланки чистого запізнення, який забезпечує підвищення точності руху просапного агрегату за рахунок зтримки відпрацювання вхідного сигналу на величину, рівну часу проходження агрегатом відстані між точкою взування і робочим органом культиватора.

5. Реалізація розробленого пристрою при мікрядному обробітку кукурудзи агрегатом у складі трактора Т-150К і куль-

тиватора КРН-8,4 дозволяє зменшити, за рахунок мінімізації похибки, обумовленої недостатками компоновочних схем трактора і агрегату, середню квадратичну похибку копчення рядків рослин від 4,4 до 3,1 см (на 29...30 %). При цьому влях кореляційного зв'язку похибки копчення зменшується на 1,2...1,8 м (22...42 %) при швидкості руху 1,52 м/с і на 0,6...2,0 м (3...34 %) – при швидкості руху 2,38 м/с.

6. Застосування коригуючого пристрою дозволяє зменшити ширину односторонньої устеновочної захисної зони рядка, визначеної з умови забезпечення ймовірності підризання рослин, рівної 0,01, від 13,7 до 10,5 см (на 23 %), а з умови повної відсутності підризання – від 17,7 до 13,8 см (на 22 %) при максимально допустимій згідно агрономів 16,0 см і фактичній для агрегату на базі МТЗ-80 – 15,4 см.

7. Встановлено, що для роботи трактора Т-150К у міжряддях шириною 70 см максимально допустимим є типорозмір шин 13,6R38.

8. Використання обладнаного коригуючим пристроєм 12-рядного просапного агрегату на базі Т-150К на здвоєних колесах з шинами 12R38 дозволяє скоротити дефіцит універсально-просапних тракторів і, порівняно з восьмирядним агрегатом на базі МТЗ-80, знизити затрати праці на 30,4 %, металомісткість на 18,5 %, приведені затрати на 6,5 %. Цей же агрегат дозволяє зменшити витрати коштів на придобання гербіцидів, які вносяться в захисну зону рядка, на 23,6 % у порівнянні з агрегатом без коригуючого пристрою.

9. Агрегати на базі тракторів Т-150К, обладнаних здвоєними колесами з шинами 12R38 і паралельними коригуючими пристроями, можна використовувати в пікові періоди на міжрядному обробітку просапних культур, посіяних з міжряддями 70 см.

Основні положення дисертації викладені в таких роботах:

1. Пожидяев С.П., Шкарівський Г.В. Про деякі шляхи підвищення точності руху просапного агрегату з шарнірно-з'єднаним трактором // Механізація та електрифікація сіль. госп-ва. К.: Урожай, 1992. - Вип. 75. - С. 91 - 96.

2. Пожидяев С.П., Шкарівський Г.В. Дослідження точності руху просапного агрегату на базі трактора Т-150К // Механізація та електрифікація сіль. госп-ва. К.: Урожай, 1992. - Вип. 75. - С. 14 - 17.

3. Шкарівський Г.В. Замість просапного - Т-150К // Земля і люди України. - 1992. №11 - 12. - С. 12 - 13.

4. Шкарівський Г.В., Пожидяев С.П. Порівняльні дослідження точності руху просапних агрегатів з різними конструктивно-компоновочними схемами і параметрами // Механізація та електрифікація сіль. госп-ва. К.: Урожай, 1993. - Вип. 77. - С. 91 - 96.

5. Шкарівський Г.В. Дослідження впливу конструктивно-компоновочної схеми і параметрів колісного трактора на його прохідність у міжряддях // Механізація та електрифікація сіль. госп-ва. К.: Урожай, 1993. - Вип. 78. - С. 72 - 77.

6. Шкарівський Г.В. Осноование оптимального типорозмера шин тракторів типа МТЗ и Т-150К для роботи в міжряддях кукурузи // Техніка в сільському господарстві. - 1994. - № 1. - С. 19 - 21.

7. Шкарівський Г.В. Погодження параметрів ходової системи трактора Т-150К зі схемою сівби просапних культур // Механізація та електрифікація сіль. госп-ва. К.: Урожай, 1994. - Вип. 79. - С. 91 - 95.

8. Шкарівський Г.В. Ефективність використання просапного агрегату з трактором Т-150К // Тези доп. Міжнар. наук. -

техн. конф. з питань розвитку механізації, електрифікації та автоматизації с.-г. вир-ва в умовах ринкових відносин, 15 - 17 листопада 1994 р. - Глеваха, 1994. - С. 173.

9. Шкарівський Г.В. Дослідження впливу точки візуювання на точність руху просяного агрегату // Тези доп. Міжнар. наук.-техн. конф. з питань розвитку механізації, електрифікації та автоматизації с.-г. виробництва в умовах ринкових відносин, 15-17 листопада 1994 р. - Глеваха, 1994. - С. 174.

10. А. с. 1532406 СССР, МКИ⁴ B62D63/02. Шарнирно-сочлененный трактор / Г.В. Шкаровский, С.П. Пожидаев (СССР). - N4281054/27-11 (114313); Заявлено 10.07.87; Опубл. 1989. Бюл. N48 //Открытия, Изобретения. - 1989. - N48.

SUMMARY

G. Shcarovscy. The interrow machinery efficiency increasing on wheel tractor base with of traction class 3 (tractor T-150K as example).

The dissertation in manuscript form is submitted for a technical sciences candidate degree on speciality 03.20.01 - Mechanization of agricultural production. National Agrarian university. Kiev. - 1996.

It has substantiation the advisability of tractor units using on wheel tractor base with traction class 3 for row crop cultivation.

It has developed the requirement to tractor movement preciseness.

It have offered the solutions for tractor suitability provision for rows by using doubled wheels with less size tires.

It has offered the solutions for movement preciseness

increasing by parallel correcting device using.

It have realized the introduction of offered technigues. There are included data about their efficiency.

АННОТАЦІЯ

Шкаровский Г.В. "Повышение эффективности использования пропашных агрегатов на базе колесного трактора тягового класса 3 (на примере Т-150К)".

Диссертация в виде рукописи на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.20.01 - Механизация сельскохозяйственного производства. Нациспольный аграрный университет, г. Киев. - 1996.

Обоснована целесообразность использования на междурядной обработке пропашных культур агрегатов на базе колесных тракторов тягового класса 3. При этом разработано требование к точности движения агрегатов, предложены решения по обеспечению вписываемости тракторов в междурядья (путем применения двояных колес с диаметрами меньших типоразмеров) и повышению точности движения агрегатов (применением параллельного корректирующего устройства). Осуществлено внедрение предложенных приемов, приводятся данные об их эффективности.

Ключові слова: пропашний агрегат, конструктивно-компоновочна схема, кінематика руху, динаміка руху, точність руху, посилка копівання, характеристика точності руху, типорозмір шин, прохідність у міжряддях, паралельний коригувачий пристрій, експеримент, продуктивність праці.

AB 34 006

AB 34.706