



УКРАЇНА

(19) UA (11) 91785 (13) C2
(51) МПК (2009)
A01B 69/04

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) СПОСІБ КОНТРОЛЮ ПРЯМОЛІНІЙНОСТІ РУХУ МОБІЛЬНОЇ МАШИНИ ПРИ АВТОМАТИЧНОМУ ВОДИННІ ПО ЗАДАНИХ ПРЯМОЛІНІЙНИХ ТРАЄКТОРІЯХ

1

2

(21) а200902623

(22) 23.03.2009

(24) 25.08.2010

(46) 25.08.2010, Бюл.№ 16, 2010 р.

(72) УЛЕКСІН ВАСИЛЬ ОЛЕКСІЙОВИЧ, НАДИКТО
ВОЛОДИМИР ТРОХИМОВИЧ, БОЙКО ВЛАДИС-
ЛАВ БОРИСОВИЧ

(73) ДНІПРОПЕТРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРА-
РНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВ-
НИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(56) RU 2006794 C1, 30.01.1994

RU 2021655 C1, 30.10.1994

DE 19921996 A1, 16.11.2000

US 7003386 B1, 21.02.2006

US 6044316 A, 28.03.2000

US 6990399 B2, 24.01.2006

US 5019983, 28.03.1991

SU 1336965 A1, 15.09.1987

(57) 1. Спосіб контролю прямолінійності руху мобільної машини при автоматичному водінні по заданих прямолінійних траєкторіях за допомогою розташованого на мобільній машині оптичного локатора з обертовою навколо осі вимірювальною площиною приймально-передавальної діаграми, який полягає в тому, що в площині сканування, перпендикулярній осі обертання вимірювальної

площини приймально-передавальної діаграми, вимірюють азимутальні кути між лініями візування двох реперних відбивачів та фіксованою відносно мобільної машини лінією нульового положення вимірювальної площини, який **відрізняється** тим, що реперні відбивачі встановлюють на протилежних кінцях траєкторії руху мобільної машини з обох кінців гону, а лінію нульового положення вимірювальної площини орієнтують відносно мобільної машини таким чином, щоб, при відсутності відхилення машини від заданої траєкторії, вона співпадала з лінією заданої траєкторії.

2. Спосіб контролю прямолінійності руху мобільної машини при автоматичному водінні по заданих прямолінійних траєкторіях за п. 1, який **відрізняється** тим, що чотири реперні відбивачі встановлюють попарно на двох візках на відстані, рівній ширині захвату мобільної машини, а візки розташовують на протилежних кінцях гонів і по чергово переставляють у наступні положення при розворотах мобільної машини з кроком, рівним подвійній ширині захвату мобільної машини, причому можливі положення візків відносно поля зафіксовані постійними мітками, наприклад кілками у ґрунті, а кут огляду відбивачів у горизонтальній площині обмежують екранами.

Винахід відноситься до сільськогосподарського виробництва, а саме до навігаційних систем та пристроїв автоматичного водіння на полі машинно-тракторних агрегатів і сільськогосподарських машин.

Відома система орієнтування для автоматичного водіння сільськогосподарським агрегатом, що має точкові ретранслятори, які встановлені по ширині на відстані, яке дорівнює половині захвату робочого органу агрегата, а по довжині - на відстані, яке дорівнює різниці між його довжиною та шириною. Над поздовжньою віссю поля між парами точкових ретрансляторів встановлені лінійні ретранслятори, які виконані у вигляді двох продовжених взаємно перпендикулярних стрічок, встановлених під кутом 45° до поверхні поля (Патент РФ

№2021655 А01В69/04, опубл. 30.10.1994). Недоліком цієї системи є недостатня ефективність роботи на полі «неправильної» форми.

Відомий спосіб визначення координат мобільної машини при автоматичному водінні за допомогою розташованого на ній оптичного локатора з обертовою навколо осі вимірювальною площиною приймально-передавальної діаграми, прийнятий за прототип, який полягає в тому, що в площині сканування, перпендикулярній осі обертання вимірювальної площини приймально-передавальної діаграми, вимірюють азимутальні кути між лініями візування не менше трьох рознесених реперних відбивачів та фіксованого відносно мобільної машини нульового положення вимірювальної площини приймально-передавальної діаграми і на основі

(13) C2

(11) 91785

(19) UA

результатів вимірювань обчислюють координати та орієнтацію транспортного засобу (патент РФ №2006794, А01В69/04, опубл. 30.01.1994).

Спільними ознаками відомого і заявленого способів є визначення положення мобільної машини за допомогою розташованого на мобільній машині оптичного локатора з обертовою навколо осі вимірювальною площиною приймально-передавальної діаграми шляхом вимірювання азимутальних кутів між реперними відбивачами та фіксованим відносно мобільної машини нульовим положенням вимірювальної площини приймально-передавальної діаграми.

Недоліком відомого способу є недостатня для більшості процесів у рослинництві точність відтворення заданої траєкторії руху мобільної машини при автоматичному водінні, яка спричинена необхідністю вимірювання великої кількості проміжних параметрів, що приводить до появи суттєвих помилок у остаточних результатах вимірювань.

В основу винаходу поставлена задача підвищити точність контролю прямолінійності руху мобільної машини при автоматичному водінні по заданих прямолінійних траєкторіях за рахунок встановлення постійних міток на полі, яке забезпечує відтворення прямолінійних траєкторій руху на всіх операціях і виключає залежність від точності вимірювання великої кількості проміжних параметрів.

Поставлена задача вирішується тим, що контроль прямолінійності руху мобільної машини при автоматичному водінні по заданих прямолінійних траєкторіях здійснюють за допомогою розташованого на мобільній машині оптичного локатора з обертовою навколо осі вимірювальною площиною приймально-передавальної діаграми, яким у площині сканування, перпендикулярній осі обертання вимірювальної площини приймально-передавальної діаграми, вимірюють азимутальні кути між лініями візування двох реперних відбивачів та фіксованою відносно мобільної машини лінією нульового положення вимірювальної площини відповідно до винаходу, реперні відбивачі встановлюють на протилежних кінцях траєкторії руху мобільної машини з обох кінців гону а лінію нульового положення вимірювальної площини орієнтують відносно мобільної машини таким чином, щоб, при відсутності відхилень машини від заданої траєкторії, вона співпадала з лінією заданої траєкторії.

Поставлена задача вирішується також тим, що чотири реперні відбивачі встановлюють попарно на двох візках на відстані, рівній ширині захвату мобільної машини, а візки розташовують на протилежних кінцях гонів і по чергово переставляють у наступні положення при розворотах мобільної машини з кроком, рівним подвійній ширині захвату мобільної машини, причому, можливі положення візків відносно поля зафіксовані постійними мітками, наприклад, кілками у ґрунті, а кут огляду відбивачів у горизонтальній площині обмежують екранами.

Заявлений спосіб пояснюється схемами.

На Фіг.1 зображено схему руху агрегата на полі по прямолінійній траєкторії; на Фіг.2 - схему, яка пояснює вимірювання азимутальних кутів між ліні-

ями візування реперних відбивачів та лінією нульового положення вимірювальної площини; на Фіг.3 - схему, яка пояснює порядок перестановки візків з реперними відбивачами при роботі на полі.

Система для контролю прямолінійності руху мобільної машини при автоматичному водінні по заданих прямолінійних траєкторіях включає оптичний локатор 1, мобільну машину 2 з поздовжньою віссю симетрії z, реперні відбивачі 3, 4, 5 та 6, візки 7 та 8, постійні мітки у ґрунті 9 та екрани 10 (Фіг.3).

Система працює наступним чином.

Оптичний локатор 1 (Фіг.1), встановлений у точці С на мобільній машині 2, яка рухається по заданій прямолінійній траєкторії, виконує кругове сканування простору з кутовою швидкістю ω і вимірює азимутальні кути між лінією нульового положення вимірювальної площини, яка співпадає з осьовою лінією машини z, та лініями візування відбивачів 3 і 4, встановлених на лінії x заданої траєкторії руху машини по обидві сторони поля у точках А і В. За результатами вимірювань визначається відповідність фактичної траєкторії заданій та відбувається коригування руху мобільної машини.

Для забезпечення роботи в межах поля чотири реперні відбивачі 3, 4, 5 та 6 (Фіг.3) встановлюють попарно на візках 7 та 8 на відстані, рівній ширині захвату В мобільної машини. Візки 7 та 8 встановлюють на протилежних кінцях загінки таким чином, щоб на лінії заданої траєкторії знаходилась пара реперних відбивачів, наприклад 3 та 6. Для точної орієнтації візків застосовують мітки 9, наприклад, кілки у ґрунті, постійно встановлені на полі при його плануванні на відстані, рівній подвійній ширині захвату 2В мобільної машини. Реперні відбивачі, які не знаходяться на лінії заданої траєкторії, наприклад, 5 та 4, затінують плоскими екранами 10, запобігаючи появі хибних сигналів при скануванні простору.

Після першого проходу здійснюється розворот мобільної машини 2 у другу загінку (Фіг.3) і одночасно візок 8 переміщується на відстань 2В у друге положення, яке визначається черговою міткою 9 і в якому на лінії заданої траєкторії знаходиться наступна пара реперних відбивачів, наприклад 4 та 5. Після проходу другої загінки здійснюється розворот мобільної машини та переміщення візка 7 у наступне положення за черговою міткою 9, у якому на лінії заданої траєкторії знаходиться пара реперних відбивачів 3 та 6.

Заявлений спосіб контролю прямолінійності руху мобільної машини при автоматичному водінні на полі по заданих прямолінійних траєкторіях з підвищеною точністю реалізовано наступним чином.

Визначення положення остову мобільної машини відносно заданої траєкторії руху здійснюється за значенням азимутальних кутів між лінією нульового положення вимірювальної площини та лініями візування реперних відбивачів 3 і 6 (Фіг.3), виміряних оптичним локатором 1 при скануванні з круговою частотою ω .

При співпаданні осьової лінії машини z, а відтак і лінії нульового положення вимірювальної

площини, з лінією л: заданої траєкторії (Фіг.2а), значення виміряних локатором кутів візування реперних відбивачів будуть дорівнювати нулю ($\varphi_1 = \varphi_2 = 0$, Фіг.1а та 1б), і команди механізмам корекції напрямку руху машини відсутні.

При появі повороту осі z машини, яка знаходиться на лінії заданої траєкторії, відносно лінії x заданої траєкторії на кут φ , оптичний локатор 1 (Фіг.1) виявляє наявність кутів візування ($\varphi_1 \neq 0$ та $\varphi_2 \neq 0$), причому їх величина і знак однакові. Тобто $\varphi_1 = \varphi_2 = \varphi$, а знак визначає, в яку сторону відбувся поворот машини відносно заданої траєкторії руху:

- $\varphi < 0$ (випередження) - має місце поворот остова машини проти напрямку сканування,
- $\varphi > 0$ (запізнення) - має місце поворот остова машини в напрямку сканування.

При зміщенні осі мобільної машини z відносно лінії заданої траєкторії x на відстань DC та при відсутності повороту $\varphi = 0$ (Фіг.2б та 2в) оптичний локатор 1 виявляє появу кутів візування $\varphi_1 \neq 0$ та $\varphi_2 \neq 0$. Причому, їх знак протилежний і, якщо мобільна машина не знаходиться на однаковій відстані від A та B, то $|\varphi_1| \neq |\varphi_2|$. За знаком кутів φ_1 та φ_2 можна зробити наступні висновки:

- $\varphi_1 < 0$ (випередження), $\varphi_2 > 0$ (запізнення), тобто, кут візування реперних відбивачів ACB = $\pi - \varphi_1 + \varphi_2 > \pi$ - має місце зміщення машини від заданої траєкторії вліво по ходу;

- $\varphi_1 > 0$ (запізнення), $\varphi_2 < 0$ (випередження), тобто, кут візування реперних відбивачів ACB = $\pi - \varphi_1 + \varphi_2 < \pi$ - має місце зміщення машини від заданої траєкторії вправо по ходу.

При наявності і зміщення DC $\neq 0$ і повороту $\varphi \neq 0$ осі z машини відносно лінії x: заданої траєкторії (Фіг.2г), виміряне значення кутів візування φ_1 та φ_2 включає складові φ'_1 та φ'_2 , які виникають від повороту машини, причому $\varphi'_1 = \varphi'_2$, та складові φ''_1 та φ''_2 , обумовлені зміщенням остова машини відносно лінії заданої траєкторії. Незалежно від величини повороту остова машини φ відносно лінії заданої траєкторії залишаються вірними ознаки:

- кут візування реперних відбивачів ACB $> \pi$ - зміщення вліво по ходу;

- кут візування реперних відбивачів ACB $< \pi$ - зміщення вправо по ходу.

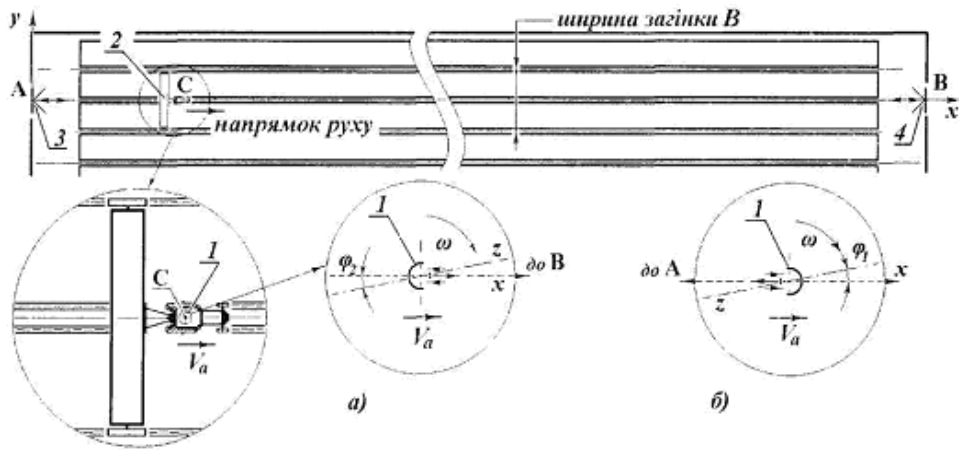
Але, про величину повороту осі машини відносно заданої траєкторії можна судити лише наближено, бо на виміряне значення кутів візування φ_1 та φ_2 буде впливати розташування машини на поздовжній осі x. Зважаючи на те, що повороти остова машини φ під дією збурюючих факторів можуть мати величину до кількох градусів, а величина кутів $\varphi''_1 = \arctg(CD/AD)$ (Фіг.2г) та $\varphi''_2 = \arctg(CD/BD)$, які виникають внаслідок зміщення $\Delta u = CD$ машини від лінії траєкторії, мають величину до одиниць кутових хвилин, тобто на один-два порядки меншу, можна стверджувати, що величини сигналів, які будуть виникати від поворотів

остову при роботі машини, буде суттєво більшою, ніж величина сигналів від його зміщення. Тому середнє значення $(\varphi_1 + \varphi_2)/2$ буде з абсолютною похибкою $(|\varphi''_1| - |\varphi''_2|)/2$ характеризувати величину повороту остова машини φ а різниця $(\varphi_1 - \varphi_2) = (\varphi''_1 - \varphi''_2)$ - величину і напрямок зміщення Δu остову від заданої траєкторії.

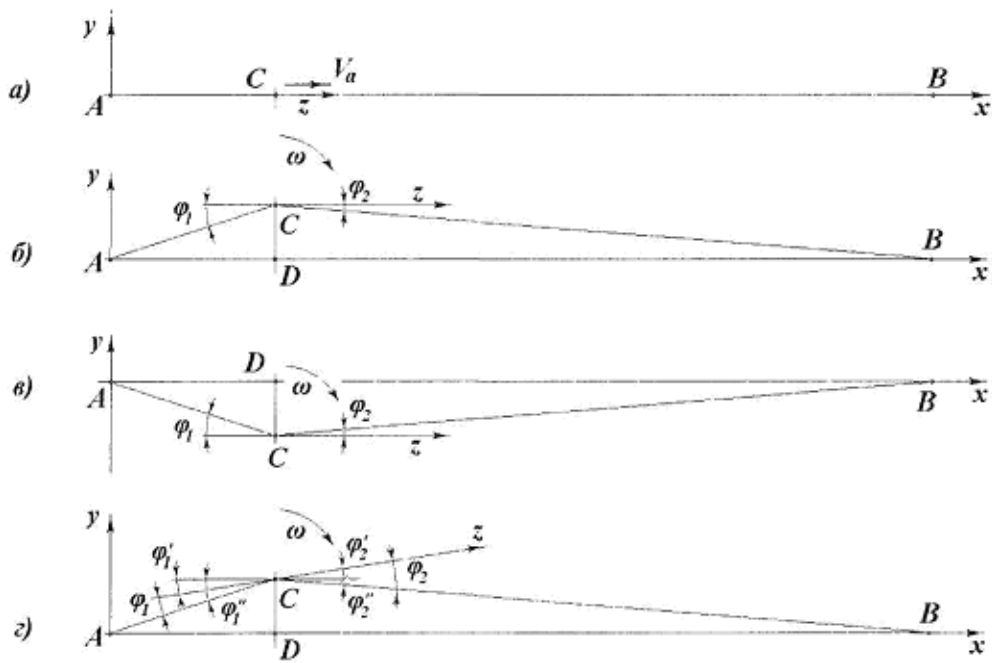
За результатами розпізнавання величини та знаку кутів φ_1 та φ_2 формують команди механізмам корекції напрямку руху та здійснюють керування машиною по заданій траєкторії.

Для продовження роботи після проходу загінки і розвороту мобільної машини у наступну загінку реперні відбивачі мають бути переставлені в нове положення. Для цього чотири реперні відбивачі 3, 5, 4 та 6 встановлюють попарно на двох візках на відстанях, рівних ширині захвату B мобільної машини (Фіг.3), а візки розташовують на протилежних кінцях гонів таким чином, щоб пари реперних відбивачів на протилежних кінцях гонів по чергово знаходились на лінії поточної траєкторії руху. Перестановка реперних відбивачів з кроком, рівним подвійній ширині захвату мобільної машини 2B, здійснюється по чергово під час розвороту мобільної машини а їх орієнтація відносно поля відбувається за допомогою зафіксованих відносно ґрунту постійних міток, які встановлюються при плануванні і обладнанні поля під маршрутизовану систему землеробства. Для запобігання появи хибних сигналів при скануванні простору локатором та виникнення збоїв у роботі системи через візування локатором реперного відбивача, який не знаходиться на лінії траєкторії поточного проходу мобільної машини, реперні відбивачі затіняють плоскими екранами таким чином, щоб вони були невидимими з траєкторії сусідньої загінки. Довжина екрана t в напрямку заданої траєкторії залежить від його віддалення s від осі реперного відбивача і знаходиться з умови $t/s > L/B$, де L - відстань між осями встановлення реперних відбивачів; B - ширина захвату мобільної машини (Фіг.3).

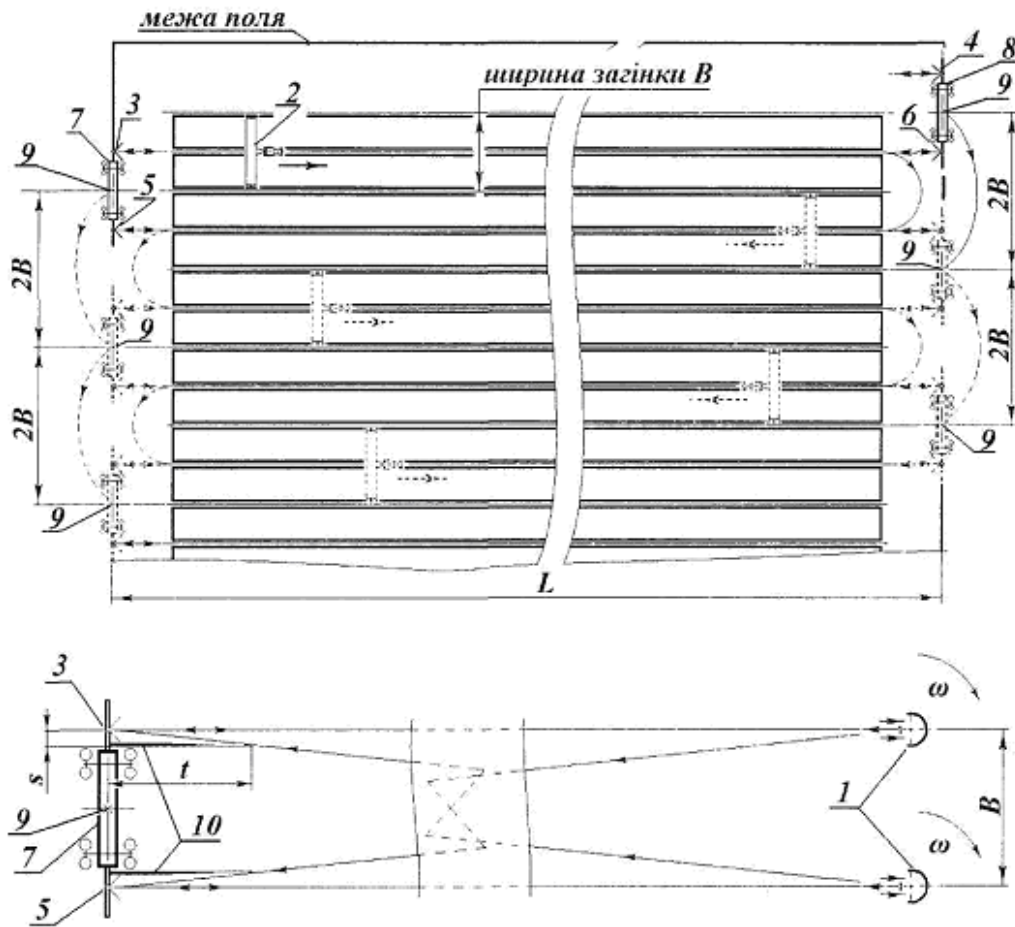
Точність визначення положення мобільної машини відносно заданої прямолінійної траєкторії запропонованим способом залежить від чутливості оптичного локатора, який повинен розрізняти кути, величина яких змінюється від нуля, а тому чутливість може бути достатньо високою без погіршення метрологічних властивостей. Встановлення постійних міток на полі забезпечує відтворення прямолінійних траєкторій руху на всіх операціях і виключає залежність від точності вимірювання великої кількості проміжних параметрів. Таким чином, точність визначення положення мобільної машини відносно заданої траєкторії запропонованим способом у порівнянні з відомими способами буде вищою.



Фіг. 1



Фіг. 2



Фіг. 3