

АНОТАЦІЯ

Сіренко Ю. В. Дослідження та обґрунтування ефективних прийомів використання польових агрегатів. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 133 – «Галузеве машинобудування». – Сумський національний аграрний університет, Суми, 2021.

Дисертація присвячена дослідженню криволінійного руху колісних машин. Основні зусилля були зосереджені на вивченні і дослідженні криволінійного руху чотирьохколісного трактора. Всі висновки і положення у рівній мірі відносяться до будь-якої чотирьохколісної машини з передніми керованими колесами.

Вивченню динаміки руху колісних тракторів присвячена велика кількість наукових робіт. Теоретичні основи динаміки трактора включають в навчальні плани всіх освітніх закладів, що готують спеціалістів по їх виробництву та експлуатації. Останнім часом з'являється багато публікацій з питань паливної економічності тракторів, підвищення надійності, покращення умов роботи водіїв. Залишається багато невирішених питань, що виникають під час роботи колісного трактора в особливих умовах: на схилах, вологих ґрунтах та ґрунтах малої щільності, складних рельєфах. Однією з важливих задач сучасного тракторобудування є автоматизація управління агрегатами. Залишаються при цьому невирішеними до кінця і такі класичні задачі, як кінематика і динаміка криволінійного руху з урахуванням різних факторів, що впливають на траєкторію руху і її параметри. Криволінійний рух (поворот) має місце в роботі будь-якої транспортної або тягової машини. Теорія повороту нараховує численну кількість різних моделей руху. Рух МТА під час повороту завжди супроводжується ковзанням, часто має місце так званий пасивний поворот під дією зовнішніх сил (бокових, сил інерції та інших) без керуючої дії з боку водія. Ці специфічні особливості мають значення при проектуванні нових або дослідженні роботи існуючих машин. Тому вивчення криволінійного руху машин залишається важливою темою наукових досліджень.

Незважаючи на значну кількість робіт, присвячених криволінійному руху машин, слід відмітити, що це явище вивчене ще в недостатній мірі. Відомо, що криволінійний рух машинно-тракторного агрегату (МТА) істотно відрізняється від прямолінійного руху. Кінематика і динаміка криволінійного руху машин набагато складніші. Це вимагає додаткового вивчення багатьох факторів, які впливають на керованість, стабільність і надійність руху машини.

У більшості сучасних транспортних засобів застосовується кінематичний спосіб повороту за рахунок обертання керованих коліс відносно остова машини в площині, паралельній площині руху. Найбільше розповсюдження отримали чотирьохвісні трактори і автомобілі з передніми керованими колесами. Тому дослідження в рамках цієї роботи присвячені класу тракторів з колісними формулами 4К2 і 4К4, хоча запропоновані методи рішення задач можна поширити і на інші класи колісних машин.

Теоретичні дослідження криволінійного руху трактора потребують, перш за все, отримання математичних рівнянь траєкторії руху при вході в поворот, під час так званого статичного повороту з постійним курсовим кутом і на ділянці виходу з повороту. Існують основні причини, що обумовлюють необхідність рівнянь руху. Одна з яких пов'язана з впровадженням в практику виконання польових операцій при вирощуванні рослин автоматичного керування МТА. Як відомо, такі спроби поки що обмежуються веденням агрегату по траєкторіям, наближеним до прямої лінії, еквідистантній одній із сторін оброблюваної ділянки поля. Мають місце також і намагання охопити розвороти трактора під час чергування робочих циклів. Повна автоматизація керування роботою МТА без участі водія потребує забезпечити отримання точної інформації про положення агрегату відносно заданої траєкторії протягом всього часу роботи. Задана траєкторія руху називається траєкторією управління, і є теоретична функція криволінійного руху, яку необхідно отримати з достатньою точністю для будь-яких умов переміщення агрегату.

Повна автоматизація керування роботою машин і машино-тракторних агрегатів без участі водія потребує забезпечити отримання точної інформації про положення агрегату відносно заданої траєкторії протягом всього часу роботи.

В роботі приведені результати використання універсального рівняння в параметричній формі для побудови траєкторії руху чотирьохколісної машини з передніми керованими колесами для ділянок входу в поворот і виходу із повороту у функції кута повороту остова машини з урахуванням інтенсивності повороту передніх коліс або керма. Наведена програма побудови складної траєкторії і спосіб спряження окремих її ділянок. Ці рівняння можна використати для планування розворотів МТА під час обробітку і виконання технологічних операцій та для автоматичного управління агрегатами і машинами.

В умовах невеликих розмірів поля розвороти тракторного агрегату під час виконання сільськогосподарських робіт складають значну частину від загального об'єму роботи. Як наслідок, маємо ущільнену, деформовану земельну площу. Фактично це зниження родючості ґрунту. Тому питання економічної ефективності оптимізації криволінійного руху тракторного агрегату, що ще недостатньо освітлені в науковій літературі, набувають все більшого практичного значення.

Залишається ще мало дослідженим, таке джерело економії енергозатрат, як непродуктивні витрати енергії, до яких відносяться і розвороти тракторних агрегатів під час роботи на полях. МТА під час роботи проходить шлях довжиною багато десятків кілометрів. Шлях, що складається з робочих циклів, які часто мають криволінійний характер, і холостих поворотів, як правило, з відключеними робочими органами. Важливо, щоб холостий шлях агрегату був якомога меншим і економічним. Тому основна задача кінематики і динаміки руху агрегату полягає у виборі способу руху МТА, при якому будуть виконуватися такі вимоги як якість виконання роботи, максимальна продуктивність при найменших витратах палива та інших ресурсів на одиницю виконаної роботи; безпечна робота механізаторів; мінімальний негативний вплив на навколишнє середовище.

В сучасній науковій літературі робляться спроби описати криволінійний рух колісної машини аналітичними рівняннями, як правило, у вигляді проєкцій на осі координат. Вирішення цих рівнянь, у відомій нам літературі не зустрічаються. Розроблено спосіб аналітичного вирішення диференціальних рівнянь криволінійного руху МТА з урахуванням всіх зовнішніх навантажень. В результаті

отримані аналітичні рівняння визначення функцій кутової швидкості і кута повороту чотирьохколісної машини під час повороту із змінним кутом повороту керованих коліс на ділянках входу в поворот і виходу з повороту. За допомогою запропонованих рівнянь можна виконувати аналіз залежностей кутової швидкості і кута повороту МТА від різних силових факторів і конструктивних параметрів чотирьохколісної машини з метою зменшення витрат палива і негативного впливу на довколишнє середовище і планувати повороти і розвороти МТА під час виконання технологічних операцій, для автоматичного управління агрегатами і машинами. Це дає можливість вибрати найбільш економічний спосіб руху машини у кожному окремому випадку.

В роботі приведені результати аналітичного дослідження руху чотирьохколісної машини по криволінійній траєкторії, отримані загальні рівняння траєкторії входу в поворот і виходу з повороту, приведені чисельні рішення рівнянь на прикладі агрегату на базі трактора МТЗ-80. Розглянуто чинники, які викликають відведення коліс. Запропоновано спосіб урахування впливу бічного відведення коліс на траєкторію криволінійного руху машини. Розроблено аналітичний метод отримання траєкторії криволінійного руху двовісних колісних машин з урахуванням впливу явища відведення коліс. Визначені траєкторії руху за допомогою аналітичних рівнянь, що дають можливість створювати програмне забезпечення управління рухом машин.

В роботі наведено аналіз останніх наукових досліджень і публікацій з питань криволінійного руху машин і отримані рівняння криволінійної траєкторії центра ваги чотирьохколісної машини з передніми керованими колесами.

Ключові слова: криволінійний рух, чотирьохколісна машина, траєкторія криволінійного руху, курсовий кут, кут повороту остова трактора, вхід в лівий (правий) поворот, вихід з лівого (правого) повороту, універсальні рівняння траєкторії.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ, В ЯКИХ ОПУБЛІКОВАНІ ОСНОВНІ НАУКОВІ РЕЗУЛЬТАТИ ДИСЕРТАЦІЇ

У фахових виданнях.

1. Мельник В.І., Довжик М.Я., Татъянченко Б.Я., Соларьов О.О., Сіренко Ю.В.. Рівняння швидкості криволінійного руху колісного трактора // Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Механізація та автоматизація виробничих процесів». – Суми, 2016. – Вип. 10/2 (30). – С. 7-14.

(Здобувачем отримано метод аналітичного вирішення диференціальних рівнянь криволінійного руху чотирьохколійної машини з урахуванням всіх зовнішніх сил та аналітичні рівняння кутової швидкості чотирьохколійної машини на ділянках входу в поворот, виходу з повороту, а також під час повороту з фіксованим положенням керма при рівномірному обертанні керованих коліс).

2. Довжик М.Я., Татъянченко Б.Я., Соларьов О.О., Сіренко Ю.В. Аналітичний спосіб визначення траєкторії криволінійного руху чотирьохколійної машини з передніми керованими колесами // Інженерія природокористування. – Харків: ХНТУСГ, 2017. - №1(7). – С. 64-73.

(Здобувачем отримано результати аналітичного дослідження руху чотирьохколійної машини по криволінійній траєкторії, загальні рівняння траєкторії входу в поворот і виходу з повороту, приведені чисельні рішення на прикладі трактора МТЗ-82).

3. Довжик М.Я., Татъянченко Б.Я., Соларьов О.О., Сіренко Ю.В. Універсальні рівняння траєкторії криволінійного руху чотирьохколійної машини // Вісник Житомирського національного агроєкологічного університету. ЖНАЕУ. – 2017. – № 1(58), т.1 – с. 202-211.

(Здобувачем використано універсального рівняння в параметричній формі для побудови траєкторії руху чотирьохколійної машини з передніми керованими колесами для ділянок входу в поворот і виходу із повороту у функції кута повороту остова машини з урахуванням інтенсивності повороту передніх коліс або керма).

4. Довжик М.Я., Татъянченко Б.Я., Соларьов О.О., Сіренко Ю.В. Спосіб урахування впливу відведення коліс при визначенні траєкторії криволінійного руху машини // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – ВНТУ, 2017.– Вип. 3(132) – С. 92-97.

(Здобувачем запропоновано спосіб урахування впливу бічного відведення коліс на траєкторію криволінійного руху машини, розроблено аналітичний метод отримання траєкторії криволінійного руху двовісних колісних машин з урахуванням впливу явища відведення коліс).

5. Довжик М.Я., Татъянченко Б.Я., Соларьов О.О., Калнагуз О.М., Сіренко Ю.В. Кутова швидкість обертання корпусу машини в повороті // Вісник Сумського національного аграрного університету, серія «Механізація та автоматизація виробничих процесів», випуск 5 (33), 2018. с.93–98.

(Здобувачем розроблено спосіб аналітичного вирішення диференціальних рівнянь криволінійного руху МТА з урахуванням всіх зовнішніх навантажень та отримані аналітичні рівняння визначення функцій кутової швидкості і кута повороту чотирьохколісної машини під час повороту із змінним кутом повороту керованих коліс на ділянках входу в поворот і виходу з повороту).

Статті у наукових виданнях, які входять до наукометричних баз даних.

6. V. Melnik M. Dovzhyk, B. Tatyanchenko. O. Solarov. Yu. Sirenko Analytical method of examining the curvilinear motion of a four-wheeled vehicle. EASTERM-EUROPEAN JOURNAL OF ENTERPRISE TECHNOLOGIES. ISSN 1729-3774. No 3/7 (87) 2017. UDC 624.138.2.678.06 DOI: 10.15587/1729-4061.2017.101335.

(Здобувачем отримано універсальні рівняння в параметричній формі для усіх можливих траєкторій криволінійного руху колісних машин та розроблено спосіб спряження різних ділянок руху під час розвороту агрегату).

7. Dovzhyk M., Tatyanchenko B., Solarov A., Sirenko J., Roubík H. Determination of the trajectory of curvilinear motion of front steering wheels driven tractor // Scientia agriculturae bohemica, 50, 2019 (2): 127–134 (Scopus).

(Здобувачем досліджено та аналітично отримано траєкторію повороту трактора з передніми керованими колесами та описано криволінійну траєкторію чотириколісного трактора за допомогою параметричних рівнянь у декартових координатах).

В закордонних виданнях

8. Татьяначенко Б. Я., Сиренко Ю.В.. Результаты аналитического исследования траектории криволинейного движения четырехколесных машин // Техническое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве: сборник научных статей Международной научно-практической конференции, Минск, 22-24 ноября 2017 г. - Минск : БГАТУ, 2017. - С. 324-327.

9. Довжик М.Я., Татьяначенко Б.Я, Сиренко Ю.В. Реакції коліс трактора під час криволінійного руху. // Міжнародна конференція «Інноваційні технології в науці та освіті. Європейський досвід» 21- 24 листопада 2017 р., м. Відень, Австрія – Том 2, с. 227-235.

(Здобувачем розроблено алгоритм визначення реакцій коліс трактора під час криволінійного руху).

10. Татьяначенко Б. Я., Сиренко Ю. В. Три рівняння траєкторії неусталеного руху колісної машини. // XIV Міжнародна конференція «Стратегія якості у промисловості і освіті» (4-7 червня 2018 р., Варна, Болгарія): Матеріали. У 2-х томах. Том I. Упорядники: Хохлова Т.С., Кімстач Т.В. – Дніпро-Варна, 2018. – 396 с., с. 118-124.

(Отримані три види рівнянь в параметричній формі для траєкторії неусталеного руху чотирьохколісної машини з передніми керованими колесами у функції кута повороту корпусу машини і в функції часу, а також рівняння колового руху.)

11. Довжик М.Я., Татьяначенко Б.Я., Сиренко Ю.В. Коефіцієнти інтенсивності зміни кутових параметрів // Молоді вчені 2019 – від теорії до практики: збірник наукових статей X Міжнародної науково-практичної конференції – Дніпро, 2019. –с. 206-214.

(Здобувачем встановлена теоретична залежність між кутовими факторами – курсовим кутом, кутами повороту коліс, кутами відведення коліс і кутом між віссю трактора і вектором крюкової сили)

Праці, які засвідчують апробацію дисертації.

12. Татяанченко Б.Я., Сіренко Ю.В. Програма дослідження криволінійного руху колісних машин. // Матеріали XVI Міжнародної наукової конференції "Сучасні проблеми землеробської механіки" присвячена 116-річчю з дня народження академіка П.М. Василенка (17–18 жовтня 2016 року) / МОН України, Сумський національний аграрний університет. – Суми., 2016. – Ст. 97.

13. Сіренко Ю.В. Кінематика та динаміка криволінійного руху. // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених «Молодь і технічний прогрес в АПК » (07–08 квітня 2017 року) / МОН України, ХНТУС. – Харків, 2017. – С. 36.

14. Довжик М.Я., Татяанченко Б.Я., Сіренко Ю.В. Аналітичні рівняння траєкторії неусталеного криволінійного руху чотирьохколісної машини з передніми керованими колесами // Збірник тез доповідей XIX Міжнародної наукової конференції "Сучасні проблеми землеробської механіки", присвяченої 120-й річниці з дня заснування кафедри с.-г. машин та системотехніки ім. академіка П.М. Василенка (17–19 жовтня 2018 р.) / МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ. 2018. 326 с. С. 279–282.

15. Довжик М.Я., Татяанченко Б.Я., Сіренко Ю.В. До визначення рівнянь траєкторії руху центра ваги чотирьохколісної машини з передніми керованими колесами // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Інноваційні розробки в аграрній сфері» Том 1. – Харків: ХНТУСГ, 2018. – 270 с (С. 120).

16. Татяанченко Б.Я., Сіренко Ю.В. Рівняння траєкторії неусталеного руху колісної машини. // Матеріали IV Всеукраїнської науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь» (28-29 березня 2018 року м. Житомир) – (С. 236-239).

17. Довжик М.Я., Татъянченко Б.Я., Сіренко Ю.В. Значення коефіцієнтів інтенсивності зміни кутових параметрів // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Молодь і технічний прогрес в АПК» Інноваційні розробки в аграрній сфері. Том 2. – Харків: ХНТУСГ, 2019. – 285 с. (С. 115–117).

18. Довжик М.Я., Сіренко Ю.В. Аналитические уравнения траектории неустановившегося движения колесных машин // Материалы Международной научно-практической конференции «Техническое и кадровое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве» (Минск, 24–25 октября 2019 года): в 2 ч./ редкол.: И. Н. Шило [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2019. – 408 (С. 148–150).

19. Довжик М.Я., Сіренко Ю.В. Параметричні рівняння траєкторії неусталеного криволінійного руху у функції часу // Збірник тез доповідей XX Міжнародної наукової конференції "Сучасні проблеми землеробської механіки" присвяченої 119-й річниці з дня народження академіка П.М. Василенка (17–19 жовтня 2019 року) / МОН України, Миколаївський національний аграрний університет. – Миколаїв: МНАУ, 2019. – 222 с. С. 66-68.

20. Довжик М. Я., Сіренко Ю.В., Калнагуз О.М. Визначення координат центру колової траєкторії грушоподібного розвороту МТА/ // Збірник тез VI Всеукраїнської науково-практичної конференції. Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу с.г. машин і знарядь. (2–3 квітня 2020 року).– Житомир, 2020.–с. 310. (с. 95–98).

Праці, які додатково відображають наукові результати дисертації.

21. Патент №119886 Україна, МПК А01В 59/044 (2006.01). Корегований тягово-зчіпний пристрій / Сіренко Ю.В., Довжик М.Я., Татъянченко Б.Я., Соларьов О.О. №u2017 04512 заявка 10.05.2017; опубл. 10.10.2017, бюл. №19.

22. Патент №124185 Україна, МПК В50В 35/10 (2006.01). Транспортний засіб зі змінним центром мас / Сіренко Ю.В., Довжик М.Я., Татъянченко Б.Я., Соларьов О.О. № u2017 10260 заявка 23.10.2017; опубл. 26.03.2018, бюл. №6