

number - by 44% in samples of perennial grasses and by 10% in samples of late corn for silage, did not exceed the normative values.

The results of the conducted studies make it possible to conclude that irrigation of fields, by sprinkling with sewage waters of the Tokmak State Veterinary Plant, which passed all the purification stages at the treatment plants, did not cause excessive bacteriological contamination of soils and plants. Thus, the wastewater treatment system, which is used at the plant, provides the necessary degree of purification of drainage by their regulatory requirements and their use for irrigation of fields does not negatively affect the ecological state of the studied agricultural ecosystems.

Key words: bacterial contamination, soils, irrigation of fields, agricultural plants, sewage, ecological status.

УДК 62-514.5

АВТОМАТИЗАЦІЯ СИСТЕМ РУЛЬОВОГО КЕРУВАННЯ ДЛЯ ПРЕЦЕЗИЙНОГО УПРАВЛІННЯ МОБІЛЬНИМИ МАШИНАМИ

Петров В.О., доц., к.т.н.,*
Чаусов С.В., доц., к.т.н.,
Бондар А.М. к.т.н., ст. викл.,
Новік О.Ю., ст. викл.

Таврійський державний агротехнологічний університет
м. Мелітополь, Україна
e-mail: ban1977@i.ua

Анотація. Робота присвячена реалізації нового типу управління напрямком руху мобільних. Пропонується ряд конструктивних рішень рульових приводів цього типу для відомих типів шасі. Для колісних шасі пропонується два підходи

* Публікується за рекомендацією акад. МААО, д.т.н., проф. Діордієва В.Т.

- кінематичний і використання системи автопілота. Показана перспективність електромеханічних підсилювачів (ЕМП) і можливість їх використання в якості асинхронного сервоприводу.

Ключові слова: людина-оператор, об'єкт управління, об'ємно-гідролічне рульове управління (ОГРУ), автопілот, електромеханічний підсилювач рульового управління (ЕМП-РУ), сервопривід, автовихід, добротність.

Постановка проблеми. Традиційні системи рульового управління мобільних машин досить прості, але спосіб управління об'єктом, який є інтегратором зі змінною швидкістю накопичення, досить складний і заважає водієві точно і швидко управляти напрямком руху машини.

Основні недоліки:

- з ростом швидкості чутливість керма лінійно наростає, помилка стеження зростає квадратично і на підвищених швидкостях система працює на межі стійкості. Спроба знизити чутливість за рахунок передавального відношення рульового приводу різко погіршує маневреність машини.

- час реакції водія лежить в межах 0.3 – 0.4 сек., що обумовлено складністю прогнозування «поведінки» інтегратора.

Є необхідність конструктивного втілення нових концептуальних рішень [1, 2, 3] без значних ускладнень, з урахуванням тенденцій розвитку і використання компонентів сучасних систем рульових управлінь.

Актуальною є проблема поліпшення керованості мобільних машин. Ряд вчених: Гельфенбейн С.П., Петров В.А., які займалися цією проблемою вказували на перспективний спосіб управління «по положенню» [1,2]. Однак технічного рішення запропоновано не було, тому що в рамках механічної схеми це занадто складно. Відомо, що людина-оператор найбільш легко і точно здійснює операції спостереження за відхиленням контрольованого параметра при управлінні (за матеріальним становищем) [1]. У цьому випадку об'єкт управління є простим підсилювачем, де положення керма визначає напрямок руху мобільного машини.

Попередній аналіз переваг такого способу управління було приведено в роботі [2,7], де була застосована методика

інтерактивного моделювання.

Існуючі системи рульового управління мобільних машин досить прості, але спосіб управління об'єктом, який є інтегратором зі змінною швидкістю накопичення істотно складним і заважає водієві точно і швидко управляти напрямком руху машини.

Є нагальна потреба конструктивного втілення способу управління «по положенню» без значних ускладнень системи рульових управлінь мобільних машин.

Аналіз останніх досліджень. Аналіз традиційних систем управління руху мобільних машин показує, що вони як об'єкт управління, є інтегратором зі змінними параметрами. Можна запропонувати більш ергономічний спосіб управління мобільними машинами, в рульове управління яких вбудовано диференціюючу ланку. Практично це означає, що напрямок руху машини повинен бути пов'язано з положенням рульового колеса.

Для оцінки керованості нових рульових управлінь (РУ) проведені дослідження за методикою «Інтерактивного моделювання» [7].

Результати досліджень показали:

- РУ по положенню забезпечує на порядок більш високу точність і дає можливість знизити передавальне відношення рульового приводу (маневреність), а також покращує автовиход із заносу;

- спрощення управління в цьому випадку знижує час реакції водія вдвічі, на порядок збільшує точність відстеження траєкторії [4].

На рис. 1 і 2 наведено залежності добротності від швидкості і передавального відношення рульових управлінь (добротність - це відношення швидкості руху до середньквдратической помилку відстеження траєкторії) [1]. Слід зазначити, що добротність системи управління по положенню з ростом швидкості залишається постійною, помилка відстеження траєкторії зростає лінійно, а не квадратичного, як у традиційного РУ.

Мета дослідження. Метою статті є пропонування ряду конструктивних рішень рульових приводів управління по положенню для відомих типів шасі мобільних машин.

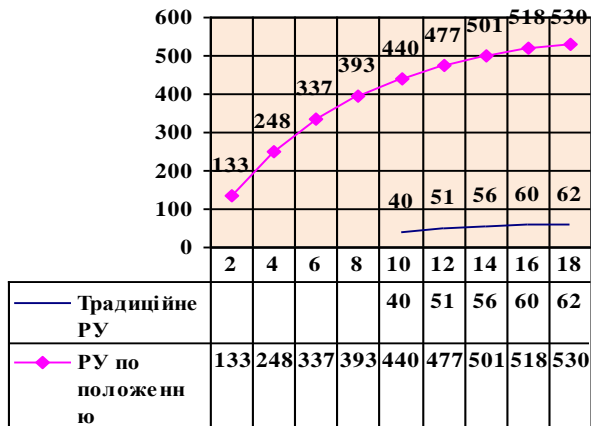


Рис. 1. Залежність добротності РУ від передаточного відношення рульового механізму

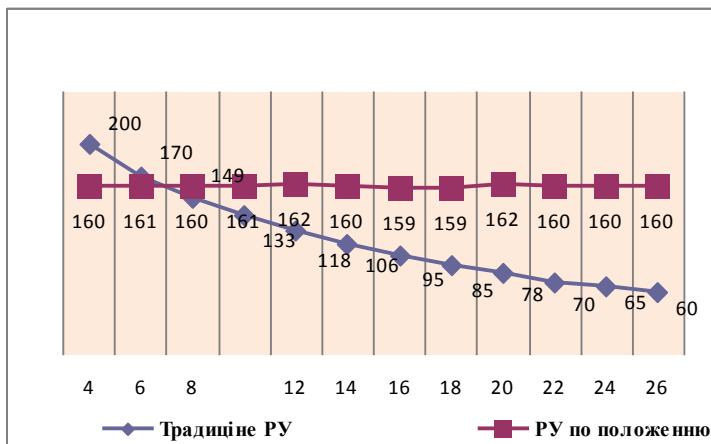


Рис. 2. Залежність добротності від швидкості руху транспортного засобу

Основна частина. Для гусеничних машин, напрямок руху яких визначається кінематичною узгодженістю рушіїв лівого і правого борту шасі реалізація способу управління по положенню вирішується досить просто. Для цього в відому схему управління потрібно внести наступні зміни: замість фрикційних гальмів, пов'язаних з планетарним механізмом, встановити шестерні і замкнути їх через кінематичну ланцюг,

пов'язаний з об'ємно-гідравлічним рульовим керуванням, як це показано на рис. 3.

Пристрій буде працювати наступним чином: при нерухомому рульовому колесі гусенична машина буде рухатися прямо при тому, що права і ліва гусениці рухаються узгоджено, поворот рульового колеса, не залежно від режиму руху, викликає відповідне «забігання» правою гусениці на ліву, що викликає відповідний поворот транспортного засобу. [3]. Недоліки цієї схеми очевидні: досить висока складність механічної частини, дуже велика потужність огру, так як поворот здійснюється за його рахунок.

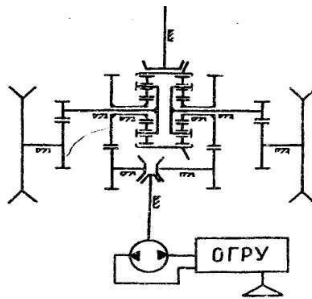


Рис. 3. Схема реалізації засоби управління по положенню для гусеничних шасі

Завдання реалізації управління по положенню для колісних машин значно складніше. Це пов'язано з тим, що в колісних машин синхронний поворот машини і рульового колеса принципово неможливий.

Для того, щоб вирішити цю задачу пропонується такий підхід:

- у будь-який момент часу водій за допомогою керма задає напрямок керованих коліс в просторі.
- при нерухомому кермі система управління забезпечує рух машини за керованими колесами подібно причепу, при цьому відбувається самоповернення системи управління в нейтральне положення під час руху транспортного засобу.

Очевидно, що система управління повинна містити два незалежних канали управління [5, 6]. По першому каналу відбувається завдання положення напрямних елементів ходової частини (керованих коліс, переднього візку шарнірно зчлено-

ваної машини). За другим - здійснюється самоповернення системи в нейтральне положення без зміни положення напрямних елементів на місцевості, при цьому використовується інформація з двох вимірювальних перетворювачів:

- кута відхилення положення напрямних елементів ходової частини (керованих коліс, передня візок шарнірно зчленовані машини) α від нейтрального положення.

- переміщення транспортного засобу (одометр).

Рівняння зв'язку кінематичних параметрів і параметрів руху виражаються залежністю (1), а схеми представлені на рис. 4.

$$1. \Delta\alpha = -\frac{\Delta X}{L} \cdot \sin(\alpha); \quad \operatorname{tg}\left(\frac{\alpha}{2}\right) = \operatorname{tg}\left(\frac{\alpha_0}{2}\right) \cdot e^{-\frac{X}{L}}. \quad (1)$$

$$2. \Delta\alpha = -\frac{\Delta Y}{L} \cdot \operatorname{tg}(\alpha); \quad \sin(\alpha) = \sin(\alpha_0) \cdot e^{-\frac{Y}{L}}.$$

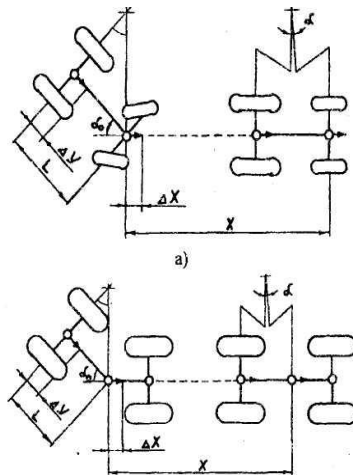


Рис. 4. Схема виходу з повороту колісних шасі при нерухомому рульовому колесі:

а) шасі з передніми керованими колесами;

б) шарнірно зчленованих колісних шасі.

Другий більш цікавий шлях полягає у використанні автопілота. Для його реалізації необхідно використовувати один вимірювальний перетворювач положення в просторі (гіроскоп).

Досить точний автопілот включає в себе гіроскоп. Сучасні електронні компоненти недорогі, надійні, економічні і досить точні. Наприклад трьохосьовий гіроскоп L3G4200D / DH з цифровим виходом.



Рис. 5. Трьохосьовий гіроскоп L3G4200D / DH з цифровим виходом

Завдяки малим розмірам і низькому споживанню енергії трьохосевої гіроскопи L3G4200D / L3G4200DH можуть застосовуватися в системах позиціонування.

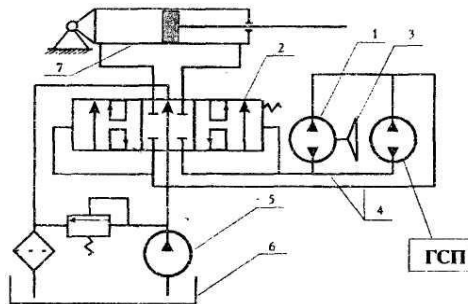


Рис. 6. Двоконтурне об'ємно-гідрравлічне рульове керування з вбудованим приводом.

Для важких машин з ОГРУ по положенню може бути реалізовано в системах з вільним золотником. Другий незалежний канал управління організовується за рахунок введення додаткового насоса дозатора пов'язаного з гіроскопом. Двоканальна схема рульового управління приведена нижче. Насос 1 пов'язаний з рульовим колесом 3 і задає положення напрямних елементів ходової частини (керованих коліс, переднього візку шарнірно-зчленованої машини) на місцевості. Насос 2, пов'язаний з гіроскопом, забезпечує незмінність положення

напрямних елементів ходової частини (керованих коліс, передня візок шарнірно зчленовані машини) під час повернення в нейтральне положення при нерухомому рульовому колесі. Але для легких колісних машин можна запропонувати більш спрощене технічне рішення [6]

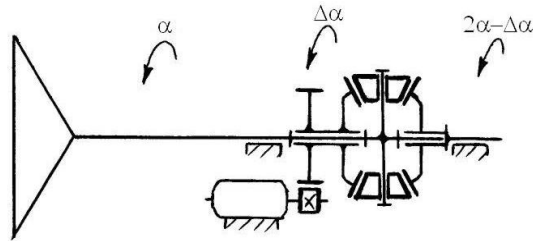


Рис. 7. Удосконалень рульова колонка

Модернізована рульова колонка дозволяє здійснити управління по положенню. Диференціальний механізм, яким вона забезпечує властивості двоканального рульового управління. Виконуючий механізм стабілізуючої системи (крокові двигуни незначною потужності до 300Вт здійснює поворот керованих коліс, відповідно до рівняння зв'язку (1). Корисний сигнал для крокової двигуна, можна безпосередньо отримати з гіроскопа. Цей шлях реалізації способу керування (за матеріальним становищем) мобільною машиною, в порівнянні з першим кращий при русі на слизькій дорозі, так як забезпечує «автовихід» із заносу. Недоліками таких рішень, є те, що коригуючий вплив вводиться в систему управління паралельно за допомогою специфічного енергонасиченого сигналу (насос дозатор, кроковий привод). Більш правильний підхід полягає у формуванні комплексного сигналу управління до стадії посилення, що дозволить використовувати традиційний підсилювач. На даному етапі розвитку транспортного машинобудування, провідні світові виробники транспорту, як правило, випускали рульові управління обладнані гідропідсилювачами. Однак в останні роки гідропідсилювачі все частіше стали замінюватися електропідсилювач.

Електромеханічний підсилювач рульового управління - абсолютно новий напрямок в рульовому управлінні автомобілів і

буде основним при розробці та оснащенні нових перспективних моделей. Поява електропідсилювача усуває необхідність в насосі гідропідсилювача, шлангах, гідравлічних рідинах, приводному ремені і шківі на двигуні. В результаті рульовий привод з електричним підсилювачем економить енергію і покращує екологію навколишнього середовища, в той же час, в порівнянні з гідропідсилювачем, має низку переваг: спрощене налаштування; адаптивність в компонуванні; незалежне від двигуна рульове управління.

Пропонується реалізація багатоканального рульового управління на базі ЕМПР. Аналіз конструкції ЕМУР показав, що є технічна можливість його перетворення в асинхронний сервопривід. Для цього слід додати додатковий блок управління, оснащений групою датчиків контролю режиму руху і позиціонування транспортного засобу, а так же автономним задатчиком керуючого впливу. Цей додатковий надблок управління використовує в своїй роботі сигнали датчиків серійних: крутного моменту; положення ротора; швидкості транспортного засобу. Змінена схема має вигляд:

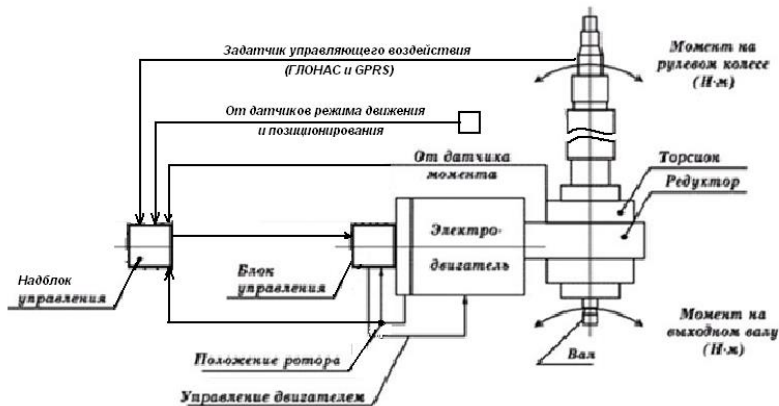


Рис. 8. Схема сервоприводу на базі ЕМПР

Використання ЕМПР як асинхронного сервоприводу дозволяє організувати два різновиди управління по положенню:

- «управління по дроту» (steer-by-wire) в разі розриву кінематичного зв'язку між кермом і ЕМПР.
- тактильне управління (генерація підказки у вигляді крутного моменту на кермовому колесі).

Висновки.

1. Реалізація управління по положенню можлива на основі багатоканальних систем управління. Кращим є формування комплексного сигналу до стадії посилення і використання штатного підсилювача в якості сервоприводу.

2. Використання ЕМПР за схемою сервоприводу, в поєднанні з надсистемою управління дозволить значно поліпшити керованість транспортних засобів. Завдяки появі сучасних електромеханічних компонентів з'явилася реальна можливість для втілення терранавігації.

3. Переваги управління по положенню значні: на порядок підвищується точність відстеження траєкторії; знижується час реакції водія; різко зростає стійкість людино-машинної системи на підвищених швидкостях; при використанні автопілота в другому каналі управління забезпечується автовиход із заносу, що важливо при русі по слизькій поверхні.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гельфенбейн С.П. Терранавігація. - М.: Колос, 1981. - 207с.

2. Петров В.А. Улучшение управляемости с/х МТА: Дис. Канд. техн. Наук.- Москва, 1989.-178с.

3. МПК В62D 1/18. Патент на корисну модель №35247 «Рульове керування по положенню гусеничним транспортним засобом», від 10.09.2008, бюл.№17. Петров В.А., Петров А.В.

4. Петров А.В., Впровадження керування «по положенню» в конструкціях рульових управлінь мобільних машин.-Вісник Дніпропетровського Державного Аграрного Університету, 2009, спецвипуск №2-09.-С.271-273

5. МПК В62D 1/18. Патент на корисну модель №34001 «Двоканальне рульове керування транспортного засобу з підсилювачем», від 25.07.2008 бюл.№14. Петров В.А., Петров А.В., Луб'яний М.М., Бондар А.М.

6. МПК 34012 В62D 1/18. Деклараційний патент на корисну модель «Рульова колонка транспортного засобу», від 17.10.2005 бюл.№1. Петров В.А., Петров А.В., Луб'яний М.М., Бондар А.М.

7. Комп'ютерна програма «Симулятор руху машинно-тракторного агрегату (МТА)» Авторське право на твір від 03.2012р.

BIBLIOGRAPHY

1. Gelfenbein S.P., Terranavigation .- M.: Kolos, 1981.-207 p.
2. Petrov B.A. Improvement of controllability of the agricultural MTA: Dis. cand. tech. nauk.- Moscow, 1989.-178s.
3. Pat. 35247 B62D 1/18. Patent for corsna model No. "Rulov kerouvnyya on the position of caterpillar transport bug", dated 10.09.2008, bul. Petrov B.A., Petrov A.V., Lubianiy M.M.
4. Petrov AV, Vprovazhennyya keryvannyya "on the post" in the construction of the rudder controls of mobile vehicles. -Visnik of Dnipropetrovsk State Agrarian University, 2009, special issue №2-09.-C.271-273.
5. Pat. 34001 B62D 1/18. "Two-way steering control of vehicles with an amp ", dated 25.07.2008 Bul.№.14. Petrov B.A., Petrov A.V., Lubianiy M.M., Bondar A.M.
6. Pat. 34012 B62D 1 / 18. "The steering wheel of the transport bike". Dated 17.10.2005. Bul. №1. Petrov B.A., Petrov A.V., Lubianiy M.M., Bondar A.M.
7. Computer program «Traffic Engine Simulator» Copyright to the work from 03.2012.

**AUTOMATIZATION OF ROUND MANAGEMENT
SYSTEMS FOR PRECISE MANAGEMENT BY MOBILE
MACHINES**

V. Petrov, S. Chausov, A. Bondar, A. Novik

Summary

The work is devoted to the implementation of a new type of management of the direction of mobile movement. A number of constructive solutions of this type of steering gears for known types of chassis are offered. For the wheeled chassis two approaches are offered - kinematic and the use of the system of autopilot. The promise of electromechanical amplifiers (EMA) and the possibility of their use as an asynchronous servo driver is shown.

Key words: man-operator, control object, volume-hydraulic steering control (VHSC), autopilot, electromechanical power steering (EMPS), servo drive, auto-drive, Q-factor.