

УДК 621.331

ОБҐРУНТУВАННЯ МЕХАТРОННОЇ СИСТЕМИ ГІДРООБ'ЄМНОГО РУЛЬОВОГО КЕРУВАННЯ КОЛІСНИХ ТРАКТОРІВ

JUSTIFICATION OF THE MECHATRONIC SYSTEM OF HYDRAULIC VOLUME STEERING CONTROL OF WHEEL TRACTORS

Журавель Дмитро

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, вул.
Жуковського, 66, м. Запоріжжя, 69600*

The use of a mechatronic system of hydraulic volumetric steering of wheeled tractors has a significant advantage over standard steering, especially at high speeds, it has a margin of stability of the controlled movement and provides ease of maneuvering, which significantly increases the productivity of the tractor.

Розглянувши конструкції існуючих рульових керувань [1] можна зробити висновок, що жодне з них не може повністю розв'язати технічне протиріччя між маневреністю колісної машини та її керованістю. На підвищених швидкостях необхідна понижена чутливість рульового керування, а при маневруванні навпаки підвищена [2]. Маневреність трактора є важливою експлуатаційною властивістю колісної машини, яка визначає ефективність їх використання та безпеку руху.

Дослідженню маневреності колісних машин та машинотракторних агрегатів (на базі колісних тракторів) присвячена велика кількість робіт. Можна стверджувати, що маневреність машинно-тракторного агрегату є важливим експлуатаційним фактором, який впливає на агротехнічні, експлуатаційні та техніко-економічні показники його роботи. Але в той же час це дуже широке поняття, тому що включає в себе такі питання як власне керованість, поворотність, вписуємість машини [3].

Поняття керованості колісної машини є неоднозначне, та трактується різними авторами по-різному. Таким чином дослідники, які займаються розробкою різноманітних засобів автоматичного водіння [4] вважають, що керованість – це здатність агрегату, який працює під навантаженням, точно відслідковувати задану траєкторію.

Інші розглядають керованість як здатність машини витримувати задану водієм через рульовий механізм траєкторію, включаючи прямолінійний рух та режим повороту із заданим радіусом, у тому числі, під впливом зовнішніх сил [5]. Деякі під керованістю розуміють здатність агрегату відслідковувати положення керованих коліс, тобто властивість, яка не залежить від водія, а належить агрегату як динамічній системі, яка взаємодіє із зовнішнім середовищем.

Не дивлячись на те, що поняття керованості дещо різняться між дослідниками, всі вони розглядають її як властивість системи «людина-агрегат-грунт». Тому і розглядати це поняття необхідно в комплексі, беручи до уваги всі складові цієї системи.

З огляду на те, що у ній нестабільним є такий елемент як «людина», то і сам процес керування є поняттям досить суб'єктивним.

Таким чином, якщо водій має високу кваліфікацію, то він може краще забезпечити рух МТА з незначним відхиленням від заданої траєкторії руху. Але, якщо умови роботи досить складні (погана видимість, багато бур'янів, складний рельєф поля, втомленість та ін.), то водій може припускатись різноманітних помилок, і якщо потік інформації стає надвеликим та продовжується тривалий час, то може статися зрив у роботі людини, з'явитися брак у вигляді скривлення базових ліній, підрізання культурних рослин тощо.

Рульове керування призначене для підтримання та змінення напрямку руху колісного МТА у відповідності до дій оператора. Воно являє собою частину комплексу механізмів і агрегатів системи керування МТА [6].

Відомо, що колісне шасі із традиційним рульовим керуванням як об'єкт керування являє собою інтегратор зі змінними параметрами. Поворот транспортного засобу на місцевості є результат нагромадження в міру поздовжнього переміщення. Це породжує суперечливість процесу керування на різних швидкостях руху. При маневруванні на малих швидкостях (до 10...20 км/год), чутливість рульового керування недостатня, а на великих швидкостях надлишкова.

Відзначимо, що під чутливістю розуміється інтенсивність відгуку об'єкта керування на одиничний керуючий вплив. Для керування напрямком руху транспортного засобу чутливість рульового керування ω є відношенням зміни кутової швидкості машини до кута повороту керма, що його викликало.

У рамках існуючих механічних схем кермових приводів чутливість задається передатним співвідношенням рульового керування W як правило незмінним ($W = \text{const}$) (Передатне співвідношення це відношення кута повороту керма до кута повороту керованих коліс шасі).

Для зручності при маневруванні передатне співвідношення бажано знизити, а в транспортному (швидкісному) - підвищити.

Відомо, що тихохідні машини мають передатне співвідношення рульового керування - 4...6, а у швидкісних автомобілів до 30. При проектуванні рульового керування передатне співвідношення вибирається досить великим, щоб забезпечити стійкість руху на підвищених швидкостях, а це приводить до незручностей при маневруванні.

Широко відомі спроби непрямого подолання цього технічного протиріччя в рамках механічних схем. Наприклад, технічні рішення, в основі яких лежить введення нелінійності в кінематику кермового привода.

В межах малих відхилень керованих коліс від нейтрального положення призначається велике передатне співвідношення, тому що це характерно для швидкісних режимів. Більші відхилення керованих коліс характерні для маневрування, тому з ростом цієї величини передатне співвідношення знижується. Однак не можна не відзначити, що такий підхід не знімає повністю суті технічного протиріччя, в основі якого лежить лінійна залежність чутливості від швидкості руху.

Кардинальне поліпшення керованості машин можливо на основі використання сучасних досягнень мехатроніки. Таким чином, пропонується варіант кермового привода який забезпечує високу керованість транспортних засобів на всіх швидкісних режимах. Структурна схема мехатронної системи гідрооб'ємного рульового керування колісних тракторів наведена на рис.1.

Варіанти виконання підсумовуючого механізму відомі [7]: для важких машин можна використовувати двоконтурне гідрооб'ємне рульове керування з вільним золотником. Для цього, насос дозатор сервопривода, підключається паралельно основному насосу дозатору.

Для легких колісних машин краще кермова колонка з диференціалом.

Функціональне призначення суматора складати керуючий вплив (поворот керма) і коригування (від сервопривода) з метою забезпечення необхідного передатного співвідношення кермового привода.

Сервопривод здійснює коригувальний вплив, величина якого регламентується його мікропроцесором.

Мікропроцесор використовує інформацію про інтенсивність керуючого впливу (ВП1) і швидкості транспортного засобу (ВП2) яка надходить із відповідних вимірювальних перетворювачів, що дозволяє гнучко й ефективно управляти транспортним засобом з використанням різних алгоритмів керування.

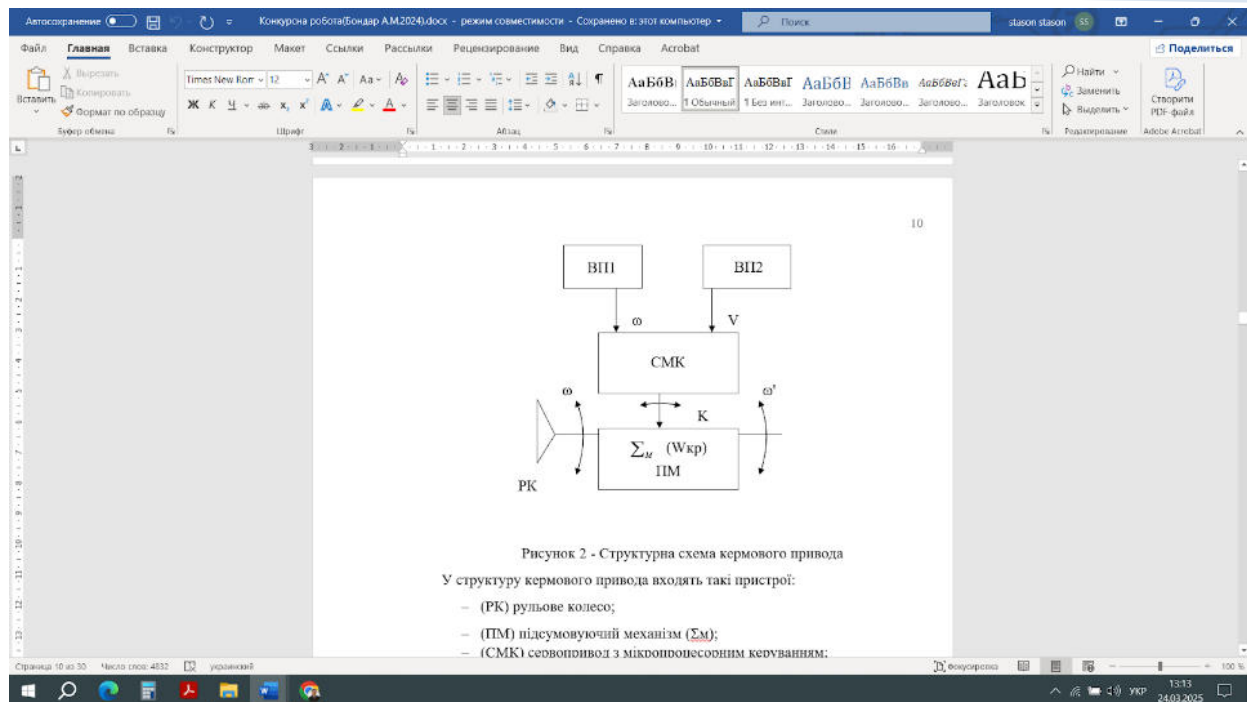


Рис. 1. Структурна схема мехатронної системи гідрооб'ємного рульового керування колісних тракторів

У структуру кермового привода входять такі пристрої: (PK) рульове колесо; (ПМ) підсумовуючий механізм (Σ); (СМК) сервопривод з мікропроцесорним керуванням; вимірювальні перетворювачі повороту керма (ВП1) і швидкості транспортного засобу (ВП2).

Література

1. Журавель Д. П., Бондар А. М. Підвищення керованості колісних тракторів шляхом використання адаптивного рульового керування : монографія. Запоріжжя: ТДАТУ, 2024. 154 с., іл.
2. Журавель Д. П., Бондар А. М. Техніко-економічне обґрунтування доцільності використання адаптивного рульового керування колісного трактора. Праці Таврійського державного агротехнологічного університету: наукове фахове видання / ТДАТУ; гол. ред. д.т.н., проф. В. М. Кюрчев. Запоріжжя: ТДАТУ, 2024. Вип. 24, т. 2. С. 7-17. DOI: 10.32782/2078-0877-2024-24-2-1.
3. Журавель Д. П., Бондар А. М. Моделювання керованості колісних тракторів шляхом використання адаптивного рульового керування. Праці Таврійського державного агротехнологічного університету: наукове фахове видання / ТДАТУ; гол. ред. д.т.н., проф. В. М. Кюрчев. Запоріжжя: ТДАТУ, 2024. Вип. 24, т. 3. С. 18-38. DOI: 10.32782/2078-0877-2024-24-3-2.
4. Журавель Д.П., Бондар А.М. Діагностування елементів системи рульового керування. Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції «Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі», Запоріжжя, 2022. С. 138-140.
5. Журавель Д.П., Бондар А.М. Методи та засоби діагностування рульового керування. Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції «Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі», Запоріжжя, 2022. С. 149-150.
6. Журавель Д. П., Бондар А. М., Дашивець Г.І. Обґрунтування діагностичних параметрів рульового керування транспортного засобу під час технічного обслуговування. Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету: електронне наукове фахове видання / ТДАТУ; гол. ред. д.т.н., проф. В. М. Кюрчев. Мелітополь: ТДАТУ, 2023. Вип. 13, том 2. 10 с. DOI: 10.31388/2220-8674-2023-2 -1.
7. Журавель Д. П., Бондар А. М., Дашивець Г. І. Методика обробки емпіричних даних якісних показників роботи колісної машини. Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету: електронне наукове фахове видання / ТДАТУ; гол. ред. д.т.н., проф. В. М. Кюрчев. Мелітополь: ТДАТУ, 2022. Вип. 12, том 2. 13 с. DOI: 10.31388/2220-8674-2022-2-2.