

УДК 631.372

## ПІДВИЩЕННЯ ТЯГОВИХ ПОКАЗНИКІВ ТРАКТОРА ЗНИЖЕННЯМ БУКСУВАННЯ РУШІВ

**Харужев Г. В., Світличний А. А.,  
Фабричнікова І. А., к.т.н., доц., Антощенко Р. В., д.т.н., проф.**

*Державний біотехнологічний університет*

*В роботі обґрунтований метод підвищення ефективності функціонування сільськогосподарських агрегатів покращенням точності руху.*

Тенденція зростання чисельності населення та темпів споживання призвела до зростання попиту на виробництво продуктів харчування в світі в останні десятиліття. Стрімко зростаючі темпи механізації сільськогосподарської галузі визначають тенденції розвитку машинобудування. Компанія Global Industry Analyts, Inc. опублікувала новий звіт про глобальний ринок сільськогосподарських тракторів із прогнозами досягнення 44,2 мільярдів доларів США до 2018 р.

Зокрема, лише у 2008 р. обсяг виробництва сільськогосподарської техніки в Європейському Союзі показав зростання на 16 %, тоді як у Німеччині зростання сягнуло значення 24 %. Незважаючи на уповільнення світової економічної кризи, темпи зростання в усіх сферах економіки у 2009 р., що вплинуло також на сільське господарство, валовий внутрішній продукт (ВВП), особисті споживчі витрати та інші показники вже відновили свої тенденції у 2010 р. Виробництво сільськогосподарських машин у Німеччині також показало стрімке зростання вже восени 2010 р. Загальна кількість тракторів, щойно зареєстрованих у Європейському Союзі у 2011 р., становила близько 191 тисяча, серед яких 35 тисяч у Німеччині, що демонструє 22 % зростання порівняно з 2010 р.

Основною метою роботи є розробка оптимальної системи контролю пробуксовки сільськогосподарських тракторів, оснащених засобами отримання зворотного зв'язку по моменту приводу. Основна мета оптимального контролю ковзання полягає в тому, щоб підтримувати робочу точку та ковзання трансмісії на оптимальному рівні, що відповідає певній стратегії, визначеній користувачем, як-от економія палива, продуктивність тощо. Система керування повинна відстежувати зміни в умовах ґрунту та регулювати робочу точку та/або ковзання трансмісії, щоб уникнути неоптимальних умов роботи. Сама система контролю повинна складатися з ідентифікаційної системи, контролера для визначення оптимального заданого значення для системи контролю ковзання, наприклад, триточкова система контролю тяги або TCS.

На додаток до стандартної системи контролю ковзання, яка реалізована як функція контролю тяги триточнової навіски або TCS, повинні бути включені два елементи, якими є система ідентифікації та диспетчер. Керівник повинен додатково відкоригувати порогове значення для системи контролю ковзання залежно від ґрунтових умов, використовуючи розрахункові параметри зчеплення – коефіцієнт тягового зусилля та коефіцієнт опору коченню.

В якості системи контролю ковзання вибирається TCS і передбачається, що

робоча глибина не змінюється під час роботи. Розроблена оптимальна система контролю ковзання повинна бути перевірена за допомогою комплексної імітаційної моделі динаміки автомобіля. В якості транспортного засобу для моделювання обрано повнопривідний трактор з максимальною потужністю трансмісії 80 кВт. Модель динаміки повинна задовольняти наступним умовам:

- слід детально змодельовати рух кузова транспортного засобу з метою комплексного дослідження можливостей оцінки параметрів зчеплення та оптимального контролю ковзання;

- приводні механізми, тобто колеса, і знаряддя (задні та, можливо, передні) повинні мати власні DoFS відповідно до дизайну. Трансмісії з підвіскою повинні рухатися, серед обертових DoF, у вертикальному напрямку відносно кузова автомобіля. Передні трансмісії повинні мати додатковий DoF для рульового керування;

- модель кузова транспортного засобу і трансмісії повинні включати динамічні елементи – підвіску і пневматичні шини - які включають радіальну жорсткість як нелінійну функцію навантаження на колесо. Внутрішнє тертя трансмісії необхідно також ввести в модель;

- силу тяги або опір навісного сільськогосподарського знаряддя необхідно моделювати за допомогою емпіричних формул, які враховують силу тертя опорних коліс, робочу глибину та ширину, коефіцієнт опору ґрунту, масу знаряддя тощо.

Динаміка контакту колеса з землею повинна бути детально змодельована. Основний фокус дослідження лежить на моделюванні поздовжнього руху, тоді як моделювання бічної динаміки розглядається з точки зору можливості розширення. Модель повинна містити набір параметрів ґрунту, які впливають на зовнішню силу шини, тобто горизонтальну силу, вертикальну реакцію поверхні ґрунту та опір коченню внаслідок деформації ґрунту. Внутрішня сила шини, тобто опір коченню внаслідок деформації шини, яка враховує тиск і властивості шини, також слід моделювати.

Для всебічного аналізу впливу оптимального контролю ковзання на загальну динаміку та продуктивність транспортного засобу до імітаційної моделі необхідно додати додатковий блок, який враховує стохастичні властивості сили тяги та мікропрофілю ґрунту. Цей блок, який називається генератором стохастичного вхідного сигналу, виробляє додатковий кольоровий шум до сили тяги та глобальної вертикальної координати, визначеної картою поля. У найпростішому випадку карта — це просто плоска поверхня. Додатковий шум слід моделювати на основі даних вимірювань польових експериментів.

На першому етапі моделювання слід протестувати систему ідентифікації. Різні режими на цьому етапі: визначення параметрів тяги з використанням різних підходів, порівняння результатів; визначення тягових параметрів із застосуванням статичних методів, що не враховують динаміку - поздовжнього прискорення та кутового прискорення колеса. Порівняння результатів з адаптивною системою ідентифікації; визначення тягових параметрів за змінних ґрунтових умов; оцінка характерних кривих коефіцієнта тягового зусилля як функції ковзання за допомогою супервізора та порівняння з результатами

моделювання.

На другому етапі імітаційних тестів ідентифікаційні дані повинні бути надані керівнику. Він повинен встановити задане значення для TCS. На цьому етапі слід порівняти три загальні конфігурації: працює зі звичайним контролем ковзання, утримуючи ковзання на рівні 10 %; робота з оптимальним контролем ковзання за мінливих умов ґрунту, використовуючи задане значення від керівника; робота без керування при максимальній потужності трансмісії; порівняння загальних характеристик - потужності приводу, тягової потужності тощо.

### Список літератури:

1. Мехатронні системи автомобілів і тракторів [Текст] : підручник / Р. В. Антощенко, О. В. Нанка, А. Т. Лебедєв, В. М. Антощенко, В. М. Кісь, І. В. Галич. - Харків : ХНТУСГ, 2020. – 248 с.
2. Антощенко Р. В. Обробка даних мобільного вимірювального комплексу для контролю за функціонуванням мобільних енергетичних засобів. *Вібрації в техніці та технологіях*. Вінниця, 2013. №2(70). С. 6–9.
3. Volodymyr Bulgakov, Roman Antoshchenkov, Valerii Adamchuk, Ivan Halych, Yevhen Ihnatiev, Ivan Beloev, Semjons Ivanovs. Investigation of the tractor performance when ballasting its rear half-frame. *INMATEH –Agricultural Engineering*, 2022. Vol. 68. No. 3. PP. 533–542.
4. Antoshchenkov, R., Bogdanovich, S., Halych, I., Cherevatenko, H. Determination of dynamic and traction-energy indicators of all-wheel-drive traction-transport machine. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2023. 1 (7 (121)), 40–47. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.270988>.
5. Artiomov, N., Antoshchenkov, R., Antoshchenkov, V., Ayubov, A. Innovative approach to agricultural machinery testing. *Engineering for Rural Development*, 2021, 20. 692–698.
6. R. Antoshchenkov, V. Antoshchenkova, V. Kis, D. Smitskov. Increasing accuracy of measuring functioning parameters of agricultural units. *Engineering for Rural Development*, 2023, 22. P. 210–215.
7. Antoshchenkov, R., Halych, I., Nikiforov, A., Cherevatenko, H., Chyzhykov, I., Sushko, S., Ponomarenko, N., Diundi, S., Tsebriuk, I. Determining the influence of geometric parameters of the traction-transportation vehicle's frame on its tractive capacity and energy indicators. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2022. 2 (7-116), pp. 60-61. DOI: 10.15587/1729-4061.2022.254688.
8. Антощенко Р. В., Никифоров А. О., Череватенко Г. І., Антощенко В. М. Мікропроцесорна вимірювальна система динаміки та енергетики мобільних машин. *Український журнал прикладної економіки та техніки*, 2021. Том 6. № 4. С. 241–248.