

УДК 629.114.2:004.896

Петрюк Ю.І.¹, Артюх О.М.²

¹ асп. НУ «Запорізька політехніка»

² канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

РОЗРОБКА АЛГОРИТМІВ АДАПТИВНОГО КЕРУВАННЯ РЕЖИМАМИ РОБОТИ МАШИННО-ТРАКТОРНИХ АГРЕГАТІВ ЯК ОСНОВА ЇХНЬОЇ РОБОТИЗАЦІЇ В УМОВАХ ЗМІННИХ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ҐРУНТІВ

Сучасне сільськогосподарське машинобудування України перебуває на етапі глобальної цифровізації, де традиційні методи підвищення продуктивності за рахунок нарощування потужності двигунів вичерпали свій потенціал. Сьогодні ключовим вектором розвитку галузі стає інтелектуалізація та роботизація машинно-тракторних агрегатів (МТА). Проте, широке впровадження роботизованих систем в українському агросекторі гальмується низкою технічних і технологічних викликів, серед яких найважливішим є висока динамічність умов експлуатації. На відміну від промислових роботів, що працюють у стабільному середовищі, сільськогосподарський робот стикається із постійною зміною фізико-механічних властивостей ґрунтів, що вимагає розробки принципово нових алгоритмів адаптивного керування.

Галузь вітчизняного машинобудування при створенні інтелектуальних МТА стикається з проблемою нестабільності тягово-зчіпних характеристик. Специфіка українських чорноземів полягає у суттєвій зміні опору обробітку навіть у межах одного поля через коливання вологості, щільності та складу ґрунту. Класичні системи управління, що базуються на жорстко заданих параметрах, не здатні оперативно реагувати на ці зміни, що призводить до значного буксування, перевитрати палива (до 20–30%) та передчасного зносу трансмісії. Крім того, існує технологічний розрив між механічною частиною існуючих тракторів та сучасними електронними системами управління, що робить задачу роботизації неможливою без створення перехідних інтелектуальних інтерфейсів.

В основі нашого дослідження лежить розробка алгоритмів адаптивного керування, які дозволяють МТА самостійно коригувати швидкісний режим та зусилля на робочих органах у реальному часі. Ключовим моментом є перехід від статичного регулювання до динамічного прогнозування стану системи

«машина-грунт». Запропонований підхід базується на використанні даних від датчиків крутного моменту та буксування, які інтегруються в єдиний контур управління в середовищі MATLAB/Simulink. Це дозволяє системі ідентифікувати тип ґрунту «на ходу» та миттєво змінювати стратегію управління двигуном і трансмісією для підтримання оптимального ККД агрегату.

Роботизація МТА в таких умовах розглядається не просто як заміна водія автоматикою, а як засіб мінімізації негативного техногенного впливу на ґрунт. Адаптивне управління дозволяє уникати надмірного ущільнення родючого шару, що є критично важливим для сталого землеробства. Водночас, машинобудівна галузь отримує запит на створення нових модульних платформ, які будуть готові до інтеграції таких «розумних» алгоритмів. Це створює передумови для модернізації існуючого парку техніки (наприклад, тракторів серії ХТЗ) шляхом їх дообладнання системами автоматизованого контролю.

Перспективні результати моделювання показують, що впровадження адаптивних алгоритмів дозволяє стабілізувати тягове зусилля та знизити питому витрату палива в середньому на 15%. Практична значущість роботи полягає у формуванні методичної бази для вітчизняних конструкторських бюро, що займаються розробкою систем точного землеробства. Розроблені алгоритми можуть бути використані як програмна основа для блоків управління роботизованих МТА нового покоління.

Таким чином, розв'язання задачі адаптивного керування в умовах змінних властивостей ґрунтів є фундаментальним кроком до створення автономних аграрних комплексів. Це не лише підвищує економічну ефективність використання техніки, а й закладає підґрунтя для інноваційного стрибка українського машинобудування, трансформуючи його з виробника «заліза» у розробника високотехнологічних інтелектуальних систем.