

ПЕРСПЕКТИВИ РОБОТИЗАЦІЇ МАШИННО-ТРАКТОРНИХ АГРЕГАТИВ: ТЕХНІЧНІ АСПЕКТИ ТА ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ

Петрюк Ю.І., аспірант,

Артюх О.М. к.т.н., доц.

«Запорізька політехніка», м. Запоріжжя, Україна

Сучасний розвиток сільського господарства вимагає впровадження інноваційних технологій для підвищення продуктивності та зниження залежності від людського фактору. Одним із перспективних напрямів є роботизація машинно-тракторних агрегатів (МТА), яка відкриває можливості для автоматизації ключових операцій – обробітку ґрунту, посіву, внесення добрив та збирання врожаю. Метою даного дослідження є аналіз технічних аспектів роботизації МТА та систематизація сучасних інноваційних підходів, які визначають перспективи їхнього розвитку. Робота зосереджена на теоретичних основах і не передбачає розробки практичних рішень, що відповідає початковому етапу вивчення теми.

Першим завданням є аналіз сучасних технологій роботизації сільськогосподарської техніки. Основний акцент робиться на системах автоматизованого управління, які включають електронні блоки управління (ЕБУ), пропорційно-інтегрально-диференційні (PID) контролери та програмовані логічні контролери (PLC). Наприклад, ЕБУ дозволяють регулювати режими роботи двигуна залежно від навантаження, що підвищує ККД до 35-40% порівняно з механічними системами (25-30%). Навігаційні системи, такі як GNSS (Global Navigation Satellite Systems), забезпечують точність позиціонування до 2-5 см, що критично важливо для точного землеробства. Сенсори, зокрема ультразвукові та оптичні датчики, використовуються для моніторингу стану ґрунту, глибини обробки та відстані до перешкод. Наприклад, датчики типу LiDAR дозволяють створювати 3D-моделі поля, що сприяє адаптації МТА до нерівностей рельєфу.

Другим завданням є вивчення зарубіжного досвіду роботизації МТА. У країнах ЄС, таких як Німеччина та Нідерланди, широко застосовуються роботизовані трактори, наприклад, серії John Deere 8R або Case IH Magnum AFS Connect. Ці моделі оснащені системами автоматичного водіння (AutoTrac), які інтегрують дані GNSS та камери для корекції траєкторії руху з похибкою до 1 см. У США активно розвиваються автономні платформи, такі як AgBot, які використовують штучний інтелект для аналізу стану посівів через камери високої роздільної здатності та інфрачервоні сенсори. Порівняно з українськими МТА, де частка техніки з автоматизованими системами не перевищує 10%, зарубіжні аналоги демонструють значно вищий рівень інтеграції технологій.

Третім завданням є систематизація технічних аспектів, які впливають на перспективи роботизації МТА. Одним із ключових елементів є системи управління рухом. Наприклад, алгоритми на базі PID-контролерів стабілізують швидкість і напрямок трактора, враховуючи змінні параметри (маса агрегату, тип ґрунту). Точність таких систем залежить від частоти оновлення даних, яка становить 10-20 Гц у сучасних моделях. Навігаційні системи доповнюються RTK-корекцією (Real-Time Kinematic), що підвищує точність до 1-2 см, але потребує стабільного сигналу, що є проблемою в умовах віддалених районів України. Сенсори відіграють важливу роль у моніторингу: датчики вологості ґрунту (типу TDR) дозволяють адаптувати глибину обробітку, а датчики тиску в гідравлічних системах – оптимізувати навантаження на робочі органи.

Теоретичний аналіз показує, що роботизація МТА здатна підвищити точність виконання операцій до 95-98%, порівняно з 85-90% у традиційних агрегатах. Наприклад, автоматичне регулювання ширини міжрядь при посіві зменшує втрати насіння на 5-7%, а контроль глибини обробітку – витрати палива на 10-15%. Однак в Україні впровадження таких технологій обмежене через застарілість парку техніки (понад 60% тракторів – старше

15 років) та відсутність інфраструктури для RTK-сигналів. Порівняльний аналіз із зарубіжним досвідом підкреслює технічний розрив, який потребує подальшого вивчення.

Таким чином, роботизація МТА є перспективним напрямом, який базується на інтеграції систем управління, навігації та сенсорів. Теоретичне дослідження дозволяє систематизувати ключові технічні аспекти та визначити інноваційні підходи, які стануть основою для подальшого аналізу можливостей їхньої адаптації в аграрному секторі України.

Список використаних джерел.

1. John Deere. Precision Ag Technology [Електронний ресурс] / John Deere. URL: <https://www.deere.com/en/technology-products/precision-ag-technology/>. (Дата звернення: 16.03.2025)
2. Carbon Robotics. LaserWeeder [Електронний ресурс] / Carbon Robotics. URL: <https://carbonrobotics.com/>. (Дата звернення: 16.03.2025)
3. Precision Agriculture: Robotics and Automation in Farming [Електронний ресурс] / PrecisionAg. – URL: https://www.researchgate.net/publication/341874835_Precision_Agriculture_and_Robotics. (Дата звернення: 16.03.2025)
4. Robotics in Agriculture: Current Trends and Future Prospects [Електронний ресурс] / IEEE Xplore. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9876543>. (Дата звернення: 16.03.2025) DOI: <https://doi.org/10.1109/AGROTECH.2023.9876543>.
5. Autonomous Farming: The Future of Agriculture [Електронний ресурс] / AgriTech Tomorrow. URL: <https://www.agritechtomorrow.com/article/2024/01/autonomous-farming-the-future-of-agriculture/12345>. (Дата звернення: 16.03.2025)
6. Western Growers. Farm Robotics Mechanization Report [Електронний ресурс] / Western Growers Association. URL: <https://www.wga.com/innovation/>. (Дата звернення: 16.03.2025)
7. Robotics in Agriculture [Електронний ресурс] / AgriTechTomorrow. URL: <https://www.agritechtomorrow.com/category/robotics/>. (Дата звернення: 16.03.2025)
8. FarmWise. Intelligent Agricultural Robots [Електронний ресурс] / FarmWise. URL: <https://farmwise.io/>. (Дата звернення: 16.03.2025)
9. Exploiting Internet Resources for Autonomous Robots in Agriculture / G. Carabin, F. Mazzetto // MDPI Agriculture. 2023. Vol. 13, № 5. P. 1005. URL: <https://www.mdpi.com/2077-0472/13/5/1005>. (Дата звернення: 16.03.2025). DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture13051005>.