

*45. Макаренко М.Г., Щербинський І.О., Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна.*

#### **ІННОВАЦІЙНІ РІШЕННЯ В КОНСТРУКЦІЯХ ТРАКТОРІВ ДЛЯ ІНТЕГРАЦІЇ В ЦИФРОВІ АГРОТЕХНОЛОГІЇ**

Цифрові технології в сільському господарстві забезпечують подвійний ефект: підвищення продуктивності та оптимізацію ресурсів. У цьому контексті трактори стають важливими елементами дигіталізованих агросистем. Вимоги до них виходять за межі тягово-енергетичних характеристик і вимагають інтеграції з інформаційними системами, платформами аналітики та системами автоматизованого управління. Саме це обумовлює актуальність розгляду інноваційних конструкцій тракторів.

Поточний етап розвитку сільськогосподарської техніки характеризується суттєвим зростанням рівня інтеграції електронних і програмних компонентів у конструкції тракторів. Цей процес отримав назву цифрової трансформації техніко-технологічної бази аграрного виробництва. Цифрова трансформація не лише змінює фізичну оболонку машини, але й докорінно перебудовує логіку її функціонування в агровиробничому контексті [1, 2].

У практичному вимірі цифровізація тракторобудування реалізується через низку наступних основних напрямів [3].

Автоматизація функцій управління — включає розвиток систем автоматичного рульового керування, контролю швидкості, зміни передач, керування гідравлічними механізмами. Такі системи

забезпечують стабільність параметрів обробітку, зменшують вплив людського фактора та дозволяють скоротити час простою.

Впровадження засобів точного позиціонування — використання супутникових навігаційних систем з високою точністю (GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou) забезпечує мінімізацію похибок при здійсненні агротехнічних операцій. Зокрема, застосування RTK-корекції дозволяє досягати точності до 2 см, що є важливим для посіву культур із вузькими міжряддями або точного обприскування.

Інтелектуалізація прийняття рішень — трактори оснащуються алгоритмами адаптивного керування, машинного навчання та прогнозування, що дозволяє автоматично підлаштовуватися під змінні умови експлуатації. Це включає також функціонал самонавчання за результатами виконаних операцій, формування рекомендацій щодо налаштування агрегатів на основі Big Data та агрономічних моделей.

Підвищення енергоефективності — реалізується через використання гібридних та електричних силових установок, рекуперацію енергії та оптимізацію розподілу потужності в агрегаті. Застосування систем енергоменеджменту (наприклад, PowerMix або e-Manager) дозволяє гнучко керувати витратою пального залежно від навантаження.

Окрім цього, важливим напрямом є поява систем моніторингу ресурсного стану вузлів трактора (Condition Monitoring), що дозволяє визначати залишковий ресурс компонентів і здійснювати технічне обслуговування на основі фактичного зносу, а не за календарним принципом. Це не лише знижує експлуатаційні витрати, а й подовжує життєвий цикл техніки. Зростає також значення систем керування на основі даних у реальному часі, що дозволяє здійснювати динамічну оптимізацію параметрів роботи трактора. Концепція «розумної мобільності» (smart mobility), що формується на перетині транспортної інженерії, інформатики та агрономії, активно втілюється у сучасних моделях техніки. Впровадження штучного інтелекту в навігаційні та керуючі системи створює передумови для реалізації автономних машинно-тракторних агрегатів, здатних працювати у польових умовах без участі оператора [4].

Таким чином, розвиток тракторобудування виходить далеко за межі класичних уявлень про техніку як лише механічну систему, трансформуючи її у кібер-фізичний об'єкт, що взаємодіє з цифровими даними, програмним забезпеченням і зовнішнім середовищем. Такий трактор набуває ознак елемента кіберфізичної виробничої системи (CPPS), що є ключовою складовою індустрії 4.0.

Центральним елементом цифрової трансформації тракторної техніки є впровадження інноваційних конструктивних рішень, що дозволяють поєднати механічну надійність із високотехнологічними цифровими функціями.

Традиційні дизельні двигуни зазнають поступового переосмислення в бік гібридних і повністю електричних рішень. У конструкціях сучасних тракторів активно застосовуються електронні блоки керування (ECU), що забезпечують адаптивну зміну параметрів впорскування, моменту запалення, регулювання турбонаддуву, рециркуляції вихлопних газів. Такі системи дозволяють зменшити питомі витрати пального до 10–15%, а також дотримуватись норм викидів EURO V та VI.

Сучасні трактори дедалі частіше оснащуються автономними системами керування, які реалізують сценарії безпілотної роботи. Застосування комплексів RTK-навігації, інерціальних сенсорів, комп'ютерного зору, LIDAR та AI-алгоритмів дозволяє створити автономні трактори, які можуть самостійно виконувати операції з обробітку ґрунту, посіву, внесення добрив та збирання врожаю.

Прикладами таких рішень є система AutoTrac (John Deere), AccuTurn (Case IH), VarioGuide (Fendt). Нові покоління цих систем підтримують сценарії роботи в умовах обмеженої видимості, на пересіченій місцевості, з можливістю визначення та об'їзду перешкод. Існують також концепції багатоагентних систем — наприклад, одночасна координація декількох автономних тракторів у полі для ефективнішого покриття площі.

Інтерфейс ISOBUS, що базується на протоколі ISO 11783, забезпечує єдину платформу для обміну даними між трактором і навісним обладнанням. Його розвиток включає нові функції: Tractor Implement Management (TIM), Section Control, Task Controller. Це дозволяє не лише спростити підключення агрегатів різних виробників, але й забезпечити повну автоматизацію робочих процесів.

Крім того, трактори нового покоління підтримують бездротові стандарти зв'язку (Wi-Fi, Bluetooth, LTE), що відкриває можливість передачі даних у хмарні платформи агроменеджменту. Така інтеграція дозволяє реалізувати цифровий тандем: трактор — платформа — оператор, що сприяє оперативному прийняттю рішень і аналізу ефективності виконаних робіт. Системи на зразок CLAAS TELEMATICS, JDLink, Raven Slingshot забезпечують двосторонню синхронізацію між польовою технікою та центральним офісом.

Інноваційні трактори оснащуються широким набором сенсорів: від сенсорів температури та тиску до гіроскопів, акселерометрів, оптичних та спектральних сенсорів, що дозволяє формувати детальний цифровий портрет польової операції. Інтеграція цих даних в системи Farm Management Information Systems (FMIS) дозволяє формувати карти-звіти, прогнозувати технічний стан вузлів, здійснювати технічне обслуговування за потребою (Condition-Based Maintenance).

У контексті забезпечення експлуатаційної надійності важливою є функція самодіагностики, яка дозволяє виявляти потенційні несправності ще до їхнього виникнення. Сучасні трактори мають модулі попередження про критичні параметри (наприклад, зниження тиску масла, перегрів, нестабільність обертів), які інтегруються з мобільними додатками та сервісними службами.

Таким чином, інноваційні конструктивні рішення у тракторобудуванні не лише покращують технічні характеристики машин, але й кардинально змінюють логіку їх взаємодії з агровиробничим середовищем. Вони формують передумови для переходу від машин, які виконують завдання, до машин, які самі формують і реалізують технологічні сценарії — тобто від техніки до кібер-фізичних агентів агропростору.

Інтеграція тракторної техніки в цифрові агротехнології є стратегічним напрямом розвитку сучасного агровиробництва, який забезпечує синергію між механічними системами, інформаційними технологіями та агрономічними знаннями. У цьому контексті трактор розглядається не лише як технічний засіб виконання механізованих операцій, а як важливий елемент цифрової аграрної екосистеми, який здатен генерувати, передавати, обробляти та реалізовувати інформацію в реальному часі.

У цифровому агровиробництві трактор виконує функцію інтелектуального виконавчого пристрою, що реалізує завдання, сформовані на основі аналізу великих даних. Він виступає як термінал для збору агроінформації (через сенсори та телеметрію), як канал зворотного зв'язку з диспетчерським центром (через GSM/LTE або супутниковий зв'язок), а також як автономна платформа для реалізації завдань агротехнологічної карти.

Ця мультифункціональність обумовлює потребу в уніфікованих протоколах передачі даних, високій точності позиціонування та стійкості до зовнішніх впливів. У свою чергу, це зумовлює необхідність удосконалення конструктивних, електронних і програмних рішень у тракторобудуванні [5].

Цифрові агроплатформи — John Deere Operations Center, Trimble Ag Software, Climate FieldView, xFarm та інші — забезпечують можливість централізованого моніторингу, планування та аналізу ефективності техніки. Інтеграція відбувається за допомогою хмарних сервісів, що приймають дані від трактора в реальному часі, обробляють їх та повертають у вигляді рекомендацій або керуючих сигналів.

Трактори нового покоління мають вбудовані телеметричні модулі (наприклад, JDLink), які дозволяють оператору дистанційно контролювати технічний стан машини, маршрут руху, витрати ресурсів, а також отримувати аналітичні звіти. Такі можливості суттєво покращують управління флотом техніки, дозволяють оперативно реагувати на нештатні ситуації та приймати рішення, базовані на даних.

Завдяки використанню інтерфейсу ISOBUS і стандарту ISOXML, трактор може взаємодіяти з широким спектром навісного та причіпного обладнання, а також з іншими транспортними одиницями, сенсорними системами, метеостанціями, дронами тощо. Це відкриває нові горизонти для реалізації концепцій «інтернету речей у сільському господарстві» (Agri-IoT) та агрономічного Digital Twin.

Розвиток конструкцій тракторів у напрямі їх цифрової інтеграції є не лише технологічною потребою, а й стратегічною відповіддю на виклики майбутнього. Подальші дослідження мають бути зосереджені на створенні відкритих цифрових екосистем, поглибленні взаємодії між машинобудівними компаніями, агровиробниками та розробниками програмного забезпечення, що забезпечить сталий інноваційний розвиток агросектору на довготривалу перспективу.

#### **Список використаних джерел**

1. Макаренко М. Г., Пиріжок В. І. Використання штучного інтелекту у вбудованих системах сільськогосподарських тракторів. // Матеріали XX міжнародного форуму молоді "Молодь і індустрія 4.0 в XXI столітті" 04-05. 04. 2024. - Харків : ДБТУ, 2024 С. 192.

2. Макаренко М. Г. Перспективи тракторобудування // Агробізнес сьогодні. - 2014. - № 9. - С. 54-56.

3. Макаренко М. Г., Шевченко І. О. Роль штучного інтелекту та машинного навчання у підвищенні точності та надійності автомобільних систем. // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «AutoTRAK-2024». – Київ: НУБіП України, 2024. С. 93-96.

4 Макаренко М. Г, Калашник Є.А. Переваги переходу до проактивного технічного обслуговування тракторів.// Матеріали XX міжнародного форуму молоді «Молодь і індустрія 4.0 в XXI столітті» 04-05. 04. 2024. С.189.

5. Макаренко М. Г, Кривоніс С. В. Використання електронних мікропроцесорних систем для руху трактора по заданій траєкторії. // Матеріали XX міжнародного форуму молоді «Молодь і індустрія 4.0 в XXI столітті» 04-05. 04. 2024С. 190

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ЖИТОМИРСЬКИЙ АГРОТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ**



## **ЗБІРНИК ТЕЗ**

*XI Міжнародної науково-практичної конференції*  
**«Перспективи і тенденції розвитку конструкцій  
та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь»**

<https://doi.org/10.64165/proceeding-ptdstsamt.2025>



**11 квітня 2025 року**  
**м. Житомир**

<https://doi.org/10.64165/proceeding-ptdstsamt.2025>

УДК 631.2:621.017:615.281:340(477)

Збірник тез доповідей XI Міжнародної науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь. PTDSTSAMT-2025» з нагоди 30-річчя започаткування підготовки ОС «Бакалавр» за спеціальністю «Агроінженерія». 11 квітня 2025 року. МОН України. Житомирський агротехнічний фаховий коледж. Житомир. 2025. 333 с. <https://doi.org/10.64165/proceeding-ptdstsamt.2025>.

***Рекомендовано до друку методичною радою Житомирського агротехнічного фахового коледжу МОН України (протокол від 10.04.2025 р. № 6)***

Proceedings of the XI International Scientific and Practical Conference "Prospects and Trends in Development of Structures and Technical Service of Agricultural Machinery and Tools. PTDSTSAMT-2025." on occasion of the 30th anniversary of the initiation of the preparation of the Bachelor's Entity in the specialty "AgroEngineering". April 11, 2025. Ministry of Education and Science of Ukraine. Zhytomyr Agrotechnical Professional College. Zhytomyr. 2025. 333 p. <https://doi.org/10.64165/proceeding-ptdstsamt.2025>.

В збірнику представлені тези доповідей науково-педагогічних працівників, наукових співробітників, аспірантів та студентів Житомирського агротехнічного фахового коледжу, провідних вітчизняних і закордонних закладів вищої освіти та наукових установ, в яких розглядаються завершені етапи розробок.

The collection presents abstracts of reports by scientific and pedagogical workers, researchers, postgraduates and students of the Zhytomyr Agrotechnical Professional College, leading domestic and foreign higher educational institutions and scientific institutions, which consider the completed stages of development.

*Передрук або інше відтворення в будь-якій формі в цілому або частково матеріалів, опублікованих у цьому віданні, дозволено лише за посиланням на джерело і дотриманням вимог законодавства*