

УДК 631.171

СУЧАСНІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОЗАСОБАМИ MODERN AUTOMATIC CONTROL SYSTEMS FOR POWER FACILITIES

Олексій Калнагуз, Юлія Сіренко, Михайло Горовий
*Сумський національний аграрний університет,
Суми, Україна*

Основне завдання, під час виробництва сільськогосподарської продукції, є підвищення продуктивності праці під час виконання технологічних операцій по вирощуванні той чи іншої сільськогосподарської культури, але з одночасним дотриманням якості виконання відповідних робіт

Автоматизація техніки що використовується в сільському господарстві активно використовується фермерами та потужними агрохолдингами. Використання даного обладнання дозволяє вести енергозасіб (трактор, комбайн чи обприскувач) по лінії рядка, тим самим оператор даного засобу може просто спостерігати що знижує його втомлюваність [1].

Під час руху польового агрегату в складі енергетичного засобу та сільськогосподарської машини відбувається незначне відхилення від заданого прямолінійного руху, яке пов'язане з поверхнею поля, діючою силою інерції та іншими факторами. Дані фактори впливають на утворення огривів під час виконання технологічної операції, збільшення шляху та витрати палива (насіння, або добрив) і підвищується втомленість оператора енергетичного засобу під час керування ним. Так при виконанні обприскування через перекриття оброблювальних смуг відбувається перевитрата засобів захисту рослин, що призводить до передозування препарату, який потрапляє на рослину. При збільшенні швидкості руху на обприскувачі оператор не встигає реагувати на ситуацію яка складається, і змушений знову зменшувати швидкість, а це призводить до зменшення продуктивності машинно-тракторного агрегату (МТА).

Останніми роками масовим явищем у зарубіжному тракторобудуванні стало застосування електронних засобів автоматизації для управління, контролю і регулювання режимами роботи вузлів і агрегатів тракторів, якими в тому або іншому ступені штатно або на замовлення оснащені практично всі трактори зарубіжних фірм. Зокрема, переважна більшість машин штатної комплектації оснащена електрогідравлічним регулюванням задньої начіпної системи, системами автоматичного контролю технічного стану і режимів роботи трактора з електронними щитками приладів, часто з'єднаними з різними варіантами інформаційно-обчислювальної системи, що мають радарні датчики дійсної швидкості для оцінки роботи трактора і продуктивності машинно-тракторного агрегату. Засоби автоматизації широко використовуються у конструкціях тракторів високої потужності [2].

Використання супутників та інформації, яку вони надають через оптичні та радіолокаційні датчики (яке ще декілька років тому було лише досить поширеною практикою для комунікації з операторами МКС), сьогодні вже стало дуже популярною технологією і у сфері сільського господарства, основною метою впровадження якого стало забезпечення більш інтенсивної та ефективної практики вирощування. Так, супутникове визначення здо-ров'я та зрілості рослин забезпечує фермера необхідною (і до того ж швидкою) інформацією про можливі проблеми з врожаєм, а супутникові знімки, часто в поєднанні з геоінформаційними системами (ГІС), використовуються для деталізації характеристик полів [3].

Точне землеробство, або «розумне землеробство», значно змінює традиційні сільськогосподарські методи, підвищуючи ефективність і продуктивність на кожному етапі виробництва. Застосування цього підходу, зокрема, дозволяє оптимізувати використання добрив і засобів захисту рослин, скорочувати витрати та покращувати якість врожаю. Завдяки технологіям точного землеробства, фермери мають можливість більш точно вести техніку в полі, що знижує стомлюваність операторів та зменшує витрати палива. Точне землеробство стає доступним і ефективним при земельному банку від 500-1000 га. На світовому ринку існує п'ять провідних виробників спеціального обладнання для точного землеробства: Trimble, Raven, Hexagon, John Deere

та Precision Planting. Ці компанії є лідерами у розробці та виробництві технологій, які допомагають аграріям підвищувати ефективність та продуктивність сільськогосподарських робіт. Їхнє обладнання, як правило, використовується у партнерстві з виробниками сільськогосподарської техніки [4].

Майже 30 років тому фермери США почали впроваджувати «точні» технології: використовувати GPS, дані супутників, змінні норми внесення ресурсів та ін. І цей «американський прорив» полягав не лише у застосуванні космічних технологій і модернізації обладнання, але й у зміні підходу до землеробства: поки в деяких країнах світу ще тривала «гонка за врожайністю», американські фермери намагалися досягнути максимального «профіту» через оптимізацію використання ресурсів. Наприклад, на фермі Ryan Haack, Westesen Farms системно впроваджують точне землеробство вже протягом 10 років [5].

Для сьогоденної України звичайною є ситуація, коли основною метою аграрного виробництва є "гонка за врожай". Рентабельність такого підходу ґрунтується не тільки на сучасних технологіях, новітній техніці, селекції, а й недорогій робочій силі, поки ще родючому ґрунті, дешевій орендній платі. Але дана ситуація вже терпить зміни. Задарма працювати вже ніхто не хоче, податки ростуть, так і силою утримувати ринок землі довго не вийде. Залишається одне - оптимізувати використання ресурсу і відсікання зайвих витрат. Цей шлях був застосований американськими фермерами ще 30 років тому і називається він точне землеробство [6].

Отже, в Україні точне землеробство стає самим популярним аграрним трендом в фермерських господарствах, тим самими дозволяє їм бути конкурентоздатними на світовому рівні в економічному просторі.

Система рульового керування автопілотом є однією з основних технологій, розроблених для керування трактором у точному землеробстві. За останні кілька десятиліть технологія отримала хороші відгуки серед фермерської спільноти в усьому світі. Це дозволяє оператору отримати кращу продуктивність у полі з більш ефективними вхідними ресурсами для збільшення врожайності та підвищення прибутку сільськогосподарського бізнесу в той же час. Система автопілота або автоматизована система керування - це комбінація кількох інструментів (таких як камери, цифровий аналіз і методи обробки зображень) і системи географічного позиціонування (GPS), яка пов'язана із супутниковою навігацією та системою комп'ютеризації. Система складається з двох важливих компонентів, таких як апаратне забезпечення (різні датчики та виконавчі механізми, такі як GPS і датчик кута повороту) та програмне забезпечення (планувальник шляху, навігаційне керування та керування кермом).

Для впровадження в господарствах точного землеробства Вам знадобиться лише три речі: GPS – монітор; автопілот та базова станція. Причому остання поєднанні з RTK-сигналом дасть точність руху вашої техніки на полі і відхилення будуть у межах ± 2 см. GPS-монітори призначені для визначення напрямку руху машини. Вони дозволить вам отримати візуальний контроль за переміщенням транспортного засобу по полю з точністю до 15-50 см. Автопілот призначений для автоматичного коригування напрямку руху трактора. Для цього до кермового колеса підключається спеціальний прилад - пристрій, що підрулює. Він може бути електричним та гідравлічним. Електричний пристрій коштує менше, але має недолік – діє з запізненням. Автопілот з гідравлічним пристроєм оснащений системою компенсації крену, яка на схилах робить поправку на знесення транспортного засобу [7].

Однією з найбільш доступних і в той же час найбільш популярних технологій точного землеробства є система паралельного водіння. Дана система дозволяє проводити польові роботи (оранка, культивування, сівба, внесення добрив, збирання врожаю) з максимальною точністю і мінімумом «непотрібних» рухів [4].

Використання системи паралельного водіння базується на використанні сигналів супутникової навігації, а саме використання безкоштовного або платного GPS-сигналів. Використання першого дає можливість здійснювати рух по полю МТА з точністю до 30 см, а другий має кращу точність – до 2,5 см. Тому використання платного сигналу GPS дає можливість скоротити час та площу оброблювальних ділянок на полі, тим самим скоротивши довжину холостого ходу МТА та ширину

його розворотної смуги. Отже можна в впевненість сказати, що майже на 18% зменшиться питома витрата ресурсів: палива, посівного матеріалу, добрив та засобів захисту рослин.

Звести до мінімуму випадки перекуття і пропусків на сьогодні більш, ніж реально. Для цього в системі точного землеробства застосовується курсовказівник, він же — система паралельного водіння, що працює на базі навігації GPS. Система паралельного водіння забезпечується супутниковим сигналом, що спрямовує машину в потрібному напрямку за довільними лініями. Агрохолдинги в Україні використовують системи паралельного водіння наступних виробників: Trimble, John Deere, Leica, Topcon (компанія Topcon Precision Agriculture (TPA)): Claas GPS Copilot та Hexagon.

Сенсорний кольоровий дисплей, в залежності від виробника має різну діагональ, дає можливість оператору енергетичного засобу бачити відхилення, або збіг з вказаною заздалегідь траєкторією руху. Оператором перед початком руху вказується: ширина агрегату, який приєднаний до енергетичного засобу та фіксується координати початку руху. Після першого проходу обов'язково вказується точка завершення руху.

Поля господарства на даний час майже всі мають кадастрові номери. Для планування польових робіт господарство має можливість якісно управляти земельним банком. Словом, знання реально оброблюваної площі дає змогу правильно розрахувати обсяг витрат і уникнути невиправданих видатків ще на етапі планування. Тому кожне підприємство обирає для себе той спосіб вимірювання площі полів, який вважає кращим враховуючи свої потреби та обладнання.

Така система паралельного водіння самостійно аналізує дані, будує лінії, які потім виводяться на екран (монітор) курсовказівника та дозволяє вести енергетичний засіб в складі МТА строго по лініям, які паралельні лініям при першому проході агрегату.

Більшість операцій при роботі в полі передбачають багаторазове повторення циклу руху від ряду до ряду, з розворотами в кінці гону. Така монотонність, в результаті призводить до втоми оператора, і витримувати постійну точність управління агрегатом стає практично не здійсненним завданням. Продуктивність до кінця зміни падає на 30-40%, відповідно ні про яке питання підвищення виробки, до чого прагне фермер чи керівник господарства, мова не йде. Принцип роботи електричного автопілота полягає в установці на рульовому валу колонки, рульового колеса з електроприводом, який під'єднується до контролера і отримує сигнали на його поворот з певним кутом за допомогою електромотора.

Незважаючи на максимальну автономність машин все ще необхідна присутність оператора. Система вимагає знаходження водія за кермом не просто так. По-перше, трактор на автопілоті не може сам розвертатися. Це доводиться робити водієві. Водій піднімає сівалку і починає маневр розвороту, після чого передає управління автопілоту, який завершує маневр по оптимальній траєкторії повертаючись на курс з мінімальним зміщенням.

По-друге, при роботі поблизу ліній електропередач виникають перешкоди, і навігаційна система починає давати збої, що знову вимагає ручного управління. Більш того, в сільськогосподарських угіддях, що мають високі, щільні дерева і/або хвилястий рельєф місцевості з істотними перепадами висот, прийом сигналів GPS стає великою проблемою. Лише в деяких моделях при втраті GPS-сигналу дозволяє трактору ще протягом 15 хвилин рухатися по заданому курсу. По-третє, робота автопілота дуже сильно залежить від якості Інтернет – з'єднання. У місцях, де покриття Інтернетом слабе, система автоматичного водіння може бути не придатна для використання. По-четверте автопілот не здатний розпізнавати перешкоди на шляху проходження, для їх об'їзду необхідно переходити на рульове керування. В системі передбачена лише функція попередньої постановки позначок на перешкоди і при наближенні до них оповіщення водія звуковим сигналом [4].

Система GPS універсальна. Приймач і термінал можна використовувати на інших спеціально підготовлених тракторах і самохідних машинах. Крім того, ця система дозволяє працювати вночі і при поганій видимості, скажімо, через дощ або туман, що часто трапляється при проведенні весняно-літніх або осінніх польових робіт. Для великих господарств і агросервісних підприємств важливо, що така система дає інформацію про проведення робіт і щомиті фіксує координати розташування сільгосптехніки [4].

Описані вище системи точного землеробства, які встановлюються на енергетичні засоби недешеві. Так, наприклад комплект для точного землеробства (універсальний дисплей, приймач, модем та інше) для енергетичних засобів на колісному рушії, від фірми John Deere коштує майже 20 тис. євро, трішки дешевше їх вартість для агрегатів на гусеничному рушії. Такий ключовий елемент точного землеробства як: система паралельного водіння коштує в половину дешевше.

З використанням новітніх технологій в сучасному сільському господарстві важливу роль відіграє автоматичне планування маршруту руху польових агрегатів по полю, особливо на розворот них смугах. Рух по таких розворотних смугах – це процес, який слід виконувати таким чином, щоб максимізувати експлуатаційну ефективність польового агрегату шляхом мінімізації часу або відстані проходження під час розвороту.

Американська компанія AGRO (Allis-Gleaner Company), яка є лідером в розробці точних (прецизійних) технологій в землеробстві, в 2020 році запропонувала встановлення в тракторах FendtONE (трьох нових поколінь Fendt 500, Fendt 900 та Fendt 1000 Vario системи інтуїтивного управління рухом енергетичного засобу Fendt Contour Assistant, Fendt TI Auto або Fendt TI Headland.

Система Fendt TeachIn (TI) Turn Assistant дозволяє виконувати автоматизовані повороти (розвороти) на полі тракторів Fendt із системою Fendt Guide. Дана система використовується тільки для новітніх поколінь тракторів даної фірми, які мають тільки одні передні керовані колеса, вона вбудована (інтегрована) в базову комплектацію тракторів нового покоління даного виробника і не має універсальності для використання другими енергетичними засобами.

Поворот на розворотній смузі повинен виконуватись максимально швидко, навіть за складних умов бездоріжжя. Оптимізація процесу управління на цій ділянці дозволяє не лише стабільно зменшити час та витрати палива, але й підвищити ефективність використання земельних ресурсів. Це також може сприяти створенню більш точного та раціонального маршруту роботи техніки. Тому оптимізація траєкторії повороту є важливим напрямком для розробників сільськогосподарської техніки з автоматичними системами управління, оскільки вона напряму впливає на підвищення продуктивності мобільних польових машин.

Список використаних джерел

1. Автоматизація енергозасобів в сільському господарстві / Петренко І.В., Харченко Ф.М., Калнагуз О.М. // Матеріали Міжнародної наукової конференції "Сучасні проблеми землеробської механіки" (17–19 жовтня 2024 року) / МОН України, НУБіП України. Київ. 2024. 527с. – (с. 223–225). https://drive.google.com/file/d/1IRYfKiRndxJNBm1X8mCKfs6_hXsequZl/view?usp=drive_link].

2. Макаренко М. Трактор як інтелектуальна система оптимального керування. Журнал "Агробізнес Сьогодні". <https://agro-business.com.ua/>. Статті/ Механізація АПК. 26.02.2018. URL: <https://agro-business.com.ua/agro/mekhanizatsiia-apk/item/9578-traktor-ia-intelektualna-systema-optymalnoho-keruvannia.html> (дата звернення: 11.08.2025).

3. Крюков Д. Супутникові технології у сільському господарстві. Головний журнал з питань агробізнесу "Пропозиція". Сайт <https://propozitsiya.com/ua>. Головна/Статті/Техніка та обладнання/Інше. 26.07.2024. URL: <https://propozitsiya.com/articles/tekhnika-ta-obladnannya-inshe/suputnykovi-tekhnologiyi-u-silskomu-hospodarstvi> (дата звернення: 11.12.2024).

4. Сіренко Ю.В. Дослідження та обґрунтування ефективних прийомів використання польових агрегатів : дис. ... д-ра філософії у галузі 20 Аграр. науки та продовольство : 133 Галузеве машинобудування / Сумський національний аграрний університет. Суми, 2021. 198 с. URL: https://drive.google.com/file/d/1iwvQ81FZafecKG8BSI6WlaCKWx-1p_8j/view (дата звернення: 12.01.2025).

5. Бойко Я. Точне землеробство по-американськи: впроваджувати інновації — (не)дорого?. Агроновини України та світу. Сайт <https://agroportal.ua/>. Головна/Блоги. 18.09.2018. URL: <https://agroportal.ua/blogs/tochnoe-zemledelie-poamerikanski-vnedryat-innovatsii-ne-dorogo> (дата звернення: 11.08.2025).

6. Перспективи та особливості точного землеробства в 2025. Сайт. <https://agroexp.com.ua/> Група компаній «АГРОЕКСПЕРТ-ТРЕЙД». Головна/. 24.01.2025. URL: <https://agroexp.com.ua/uk/perspektivy-i-osobennosti-tochnogo-zemledeliya> (дата звернення: 12.08.2025).

7. Системи паралельного водіння, Агронавігація. Сайт <https://gpsgeometer.com>. Компанія Геометр Інтернешнл - виробник GNSS/RTK пристроїв та розробник програмного забезпечення для систем високоточного супутникового позиціонування.. Головна / Обладнання. URL: <https://gpsgeometer.com/catalog/tractor-gps-gnss-guidance-systems?srsId=AfmBOoqU2eqjRFcP52pOfrcXRYyYsyQUZVF9i575fMckG2VVUOXMckV> (дата звернення: 13.08.2025).

8. Супутникові технології у сільському господарстві / Груць О.А., Сіренко Ю.В., Горовий М.В., Калнагуз О.М.// Матеріали Міжнародної наукової конференції "Сучасні проблеми землеробської механіки" (17–19 жовтня 2024 року) / МОН України, НУБіП України. Київ. 2024. 527с. – (с. 220–223).

9. Електричний або гідравлічний автопілот на трактор. Що вибрати?. Сайт <https://shop.gpsgeometer.com>. ГеоМетр Україна. Головна / Блог. 08.10.2021. URL: <https://shop.gpsgeometer.com/ua/blog/elektricheskij-ili-gidravlicheskij-avtopilot-na-tractor-cho-vybrat> (дата звернення: 15.08.2025).

УДК 631.171

СУЧАСНІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОЗАСОБАМИ MODERN AUTOMATIC CONTROL SYSTEMS FOR POWER FACILITIES

Олександр Груць

*Сумський національний аграрний університет,
Суми, Україна*

Точне землеробство - це сучасний підхід до ведення аграрного виробництва, який передбачає застосування спеціальних технологій і цифрових рішень для того, щоб виконувати технологічні операції в агросфері максимально ефективно з урахуванням конкретних умов кожної ділянки поля. У контексті вирощування зернових культур це означає не просто застосувати традиційні агротехнічні прийоми, а здійснювати їх на основі об'єктивних даних про просторову неоднорідність ґрунту, рівень вологості, стан розвитку рослин і потенційний урожай у різних частинах поля.

Точне землеробство відрізняється від традиційних методів тим, що воно не обмежується рівномірним внесенням добрив чи гербіцидів по всій площі; натомість, воно використовує диференційований підхід, що базується на географічних координатах і даних дистанційного зондування [1, с. 15].

В основі точного землеробства лежить ідея оптимізації використання ресурсів та мінімізації втрат виробництва зернових культур. Це досягається завдяки GPS-технологіям, системам змінного внесення (Variable Rate Technology, VRT), дистанційному зондуванню, датчикам ґрунтової вологи та іншим інструментам, що дозволяють збирати дані в реальному часі і приймати обґрунтовані рішення щодо кожної технологічної операції [2].

Це особливо важливо для зернових культур (пшениця, ячмінь, кукурудза), оскільки їхній розвиток і формування врожаю значною мірою залежать від умов, у яких вони знаходяться впродовж вегетації: інтенсивність освітлення, родючість ґрунту, доступ води, рівень забур'яненості - усе це має просторові відмінності навіть в межах одного поля. Тому адаптація технологій під кожну зону дозволяє підвищити не лише абсолютну врожайність, а й її стабільність за різних погодних умов.

Однією з ключових технологій є GPS-навігація і автоматизоване управління технікою. Завдяки GPS-сигналам сучасна тракторна і посівна техніка може точно визначати своє місцезнаходження в полі і рухатися без перекриття смуг чи пропусків. Це дозволяє точно виконувати посів і внесення