

МАШИНОЗНАВСТВО

УДК 656.13.681.3

<https://doi.org/10.31713/vt420229>

Голотюк М. В., к.т.н., доцент, Налобіна О. О., д.т.н., професор, Бундза О. З., к.т.н., доцент, Тхорук Є. І., к.т.н., доцент, Дорощук В. О., старший викладач, Мощич С. З., к.е.н., доцент (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

МЕХАТРОНІКА В СИСТЕМАХ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

У статті розглядається актуальний напрям розвитку агропромислових комплексів, в основі якого лежить використання ресурсозберігаючих технологій. Одним з найбільш ефективних та перспективних методів підвищення продуктивності виконання робіт в агропромисловому комплексі є впровадження систем точного землеробства. У статті представлено і досліджено можливість використання засобів автоматизації для управління сільськогосподарською технікою. Запропоновано рішення щодо створення централізованої уніфікованої автоматизованої інформаційної системи управління. Для підвищення врожайності сільськогосподарських культур і зниження витрат необхідно розробляти і впроваджувати сучасні та передові технології польових досліджень і прогнозування врожайності. Такі технології забезпечують більш ефективне використання природних, матеріальних та інших ресурсів, сприяють розвитку високоефективної економіки без порушення навколишнього середовища, зменшуючи витрати. Багато сільськогосподарських підприємств використовують технології точного землеробства з використанням систем супутникового моніторингу для агропромислового комплексу. Впровадження точного землеробства включає в себе три основні етапи: збір інформації, прийняття рішень на основі аналізу отриманих даних і реалізація запланованих заходів. Для реалізації таких заходів необхідно застосовувати існуючі технології точного землеробства: картографування і паралельне водіння, що є поширеною технологією точного землеробства, що включає в себе GPS-приймач, дисплей з показником, автопілот і процесор, який обробляє дані. При цьому задіяна супутникова навігація і

спеціалізовані програми для дистанційного управління технікою. Такий спосіб дозволяє домогтися максимальних врожаїв, зменшити кількість внесених добрив, підвищити екологічність землеробства.

Ключові слова: системами точного землеробства; мехатроніка; агропромисловий комплекс; системний підхід; техніка.

Вступ. Актуальним напрямом розвитку агропромислових комплексів в розвинених країнах світу нині є широке використання ресурсозберігаючих технологій. Одним з найбільш ефективних та перспективних методів підвищення продуктивності виконання робіт в агропромисловому комплексі є впровадження систем точного землеробства. Сучасне покоління систем керування механізмами та агрегатами сільськогосподарської техніки забезпечують мехатронні системи точного землеробства, які здатні синтезувати мету, приймати оптимальне рішення, забезпечувати виконання операцій для досягнення поставленої мети, прогнозувати значення параметрів результату виконаних робіт і зіставляти їх з реальними, утворюючи зворотний зв'язок, коректувати мету або модель управління. Під системами точного землеробства розуміють будь-які штучні або формальні системи, що мають здатність до цілеспрямованого керування процесами та включають властивості обміну даними, ухвалення рішень, накопичення інформації та адаптації до змінних умов [1–2].

Одним із основних завдань агропромислового комплексу в сучасних умовах є підвищення ефективності використання сільськогосподарської техніки в новітніх технологіях та підвищення економічності за рахунок розробки і реалізації методології підвищення ефективності використання сільськогосподарської техніки, сумісного її функціонування та оптимізації їх управління. Досягнення поставленої мети забезпечується на основі впровадження комплексу взаємопов'язаних завдань із запровадження систем точного землеробства [3; 4; 5].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Розвиток наукових досліджень у сфері систем точного землеробства на сьогодні є одним із напрямів, що найбільш динамічно розвиваються у світі. Науковці та практики, як-от: Аніскевич Л. В., Ласло О. О., Войтюк Д. Г., Захарін Ф. М., Джес Рассел, Пономаренко С. О., Холодюк О. В., Паламарчук В. Д., Поліщук І. С., Мазур В. А., Джозеф Сасман,

Гудзь В. П., Примак І. Д., Адель Садек, Рибак М. Ф., Сацюк В. В., Дідух В. Ф., Федонюк М. А. та багато інших [6; 7; 8] у своїх працях розглядають передові концепції в галузі інтелектуальних технологій, інноваційного мислення, а також наводять переконливі аргументи на користь використання систем точного землеробства.

Постановка мети і задачі дослідження. Метою проведених досліджень є можливість використання засобів мехатроніки для управління сільськогосподарською технікою, створення централізованої уніфікованої мехатронної системи управління. Розробка та впровадження сучасних і передових технологій досліджень та прогнозування землеробства для підвищення врожайності сільськогосподарських культур і зниження витрат. Такі технології забезпечують більш ефективне використання природних, матеріальних та інших ресурсів, сприяють розвитку високоефективної економіки без порушення навколишнього середовища, збільшуючи виробництво.

Виклад основного матеріалу. Особливість мехатронної системи управління транспортним засобом (рис. 1) пов'язана з підключенням механізмів накопичення і обробки даних для реалізації можливостей виконання необхідних функцій в невизначених умовах при випадковому характері зовнішніх змін інформації. До інформації подібного виду може належати непередбачена зміна цілей, параметрів зовнішнього середовища, експлуатаційних характеристик системи і об'єкту управління. Крім того, склад системи при необхідності доповнюється необхідними засобами обробки даних, які забезпечують узагальнення накопичуваного досвіду, і на цій основі відбувається поповнення інформації системи.

Об'єкт управління в загальному випадку може мати складну конструкцію, що включає у свою структуру ряд функціонально-підпорядкованих підсистем, таких як керування двигуном, трансмісією, гідроначійною системою та ін. Мехатронну систему слід розглядати як об'єднану інформаційним процесом сукупність технічних засобів і програмного забезпечення, що працює у взаємозв'язку з оператором або самостійно, здатну на основі інформації і даних за наявності мотивації синтезувати мету, виробляти рішення про дію і знаходити раціональні способи досягнення мети.

Враховуючи останні досягнення в галузі систем точного землеробства та суміжних напрямів, галузь прикладного

застосування технологій та методів обробки даних у вирішенні завдань управління можна і потрібно втілювати в сільськогосподарській техніці. Головною особливістю побудови систем управління є використання методів і технологій штучного інтелекту [9; 10].



Рис. 1. Структура мехатронної системи керування

Точне землеробство – це сукупність технологій, технічних засобів і методів прийняття рішень, спрямованих на управління

дослідницькими параметрами, що впливають на ріст рослин. Параметрами можуть бути вміст органіки і поживних речовин в ґрунті, рельєф, наявність вологи в ґрунті, прополювання бур'янів. Точне землеробство – це нова система управління сільським господарством. Вона заснована на отриманні принципово іншої інформації в порівнянні з тим, що було раніше. Для цього використовується геостатистична методологія. А для накопичення, зберігання і використання інформації – інформаційні системи (рис. 2).



Рис. 2. Структура системи точного землеробства

Для технологічних процесів в системі зворотного зв'язку розрахунковою схемою для кожного каналу управління буде схема з двома входами $U(s)$ і $F(s)$ і одним виходом – показником якості $y(s)$.

В представленні змінних відповідно закону Лапласа основним співвідношенням, що визначає хід технологічного процесу з системою управління зі зворотним зв'язком (рис. 3), є

$$y(s) = W_{F(s)} - W_{U(s)},$$

де $W_{F(s)}$ і $W_{U(s)}$ – передавальні функції по відношенню до збуджуючої $F(s)$ і керуючої дії $U(s)$.

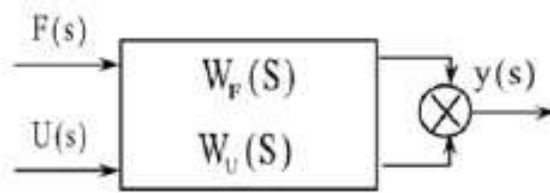


Рис. 3. Мехатронна схема керування зі зворотним зв'язком

Співвідношення служить математичним описом системи управління лінійної моделі технологічного процесу агрегата. Зворотний зв'язок, що створюється системою керування, дозволяє автоматично підтримувати показник якості технологічного процесу на заданому рівні. Що стосується оцінки якості керування, то найбільш доцільно використовувати ті ж показники, що і при контролі технологічних процесів, тобто середній рівень збереження допусків і середню кількість викидів на поле допуску за одиницю часу.

З усіх технологічних процесів сільськогосподарського виробництва, при створенні багатовимірної уніфікованої мехатронної системи керування сільськогосподарськими об'єктами необхідно підбирати і комбінувати параметри з ідентичним алгоритмом, які присутні в усіх технологічних процесах. Інтегровані показники і хронометраж за всіма операціями повинні фіксуватися в базі даних віддаленого центрального сервера.

Машинно-тракторні агрегати як об'єкти автоматизації належать до об'єктів управління зі змінною структурою.

З трактора і встановлених на ньому інструментів і машин можна формувати польові мобільні агрегати різного призначення. Ця особливість зумовила створення систем автоматизації двох груп: систем автоматичного управління й управління основними енергетичними та експлуатаційними параметрами трактора і систем автоматичного управління та контролю основних технологічних параметрів інструментів і машин, які здійснюють той чи інший технологічний процес в складі машинно-тракторного агрегата.

Перша група системи автоматичного управління – це завантаження двигуна трактора, швидкість його руху і пробуксовки.

Другою групою системи автоматичного управління є параметри робочого процесу, завантаження машинно-тракторного агрегата, а також автоматичний привід різних машинно-тракторного агрегата.

Всі ці системи автоматизації включають в себе наступні типові елементи: датчики, елементи арматури, перетворювач, засоби відображення інформації, які конструктивно об'єднані в пульти управління та виконавчі органи. Датчики систем першої групи встановлюються на трактор, а датчики систем другої групи – на верстати або інструменти (навісні або причіпні). Виконавчі механізми систем автоматики встановлюються на відповідні вузли трактора, а пульти управління або управління розміщуються в кабіні (рис. 4).



Рис. 4. Системи управління розміщені в кабіні

Висновки. Для збільшення виробництва сільськогосподарської продукції та зниження її собівартості необхідно впроваджувати новітні інформаційні автоматизовані системи управління виробничими процесами на основі мережевих технологій збору, аналізу та розробки оптимальних управлінських рішень. Зворотний зв'язок в управлінні технологічними процесами дозволить оптимально вирішити проблему раціонального розподілу функцій в людино-розподілених системах і формування інтелектуальних ергономічних інтерфейсів, узгоджених з професійними ідеями осіб, що приймають рішення. Застосування інформаційної автоматизованої системи управління та систем точного землеробства підвищує продуктивність праці на 30%, знижує енерговитрати на 20%, а поліпшення якості виконуваних

технологічних операцій дозволить підвищити врожайність в 1,2–1,3 рази.

Таким чином, повномасштабна автоматизація комплексного планування та управління виробництвом агропромислових комплексів, зокрема управління технологічними процесами, базується на розширенні масштабів застосування автоматизованих систем управління на основі систем точного землеробства.

1. Система точного землеробства / Л. В. Аніскевич, Д. Г. Войтюк, Ф. М. Захарін, С. О. Пономаренко. К. : НУБіП Україна, 2018. 566 с. **2.** Сацюк В. В., Дідух В. Ф., Федонюк М. А. Дослідження якісних показників прийому сигналів GNSS навігаційним обладнанням машинно-тракторних агрегатів. *Сільськогосподарські машини*. Луцьк, 2022. Вип. 48. С. 93–99. **3.** Адаптивні системи землеробства : навч. посіб. / В. П. Гудзь, І. Д. Примак, М. Ф. Рибак та ін. К. : Центр учбової літератури, 2007. 336 с. **4.** Як почати впроваджувати точне землеробство на підприємстві. URL: <https://smartfarming.ua/ua-blog/kak-nachat-vnedryat-tochnoe-zemledelie-na-predpriyatii> (дата звернення: 10.04.2020). **5.** Голотюк М. В., Дорошук В. О., Пахаренко В. Л., Кучерук М. О. Моделювання управління транспортними потоками з використанням інтелектуальних транспортних систем. *Вісник НУВГП. Сер. Технічні науки*. Рівне : НУВГП, 2018. Вип. 3(83). С. 110–118. **6.** Ласло О. О. Впровадження технологій точного землеробства в Україні. *Вісник ПДАА. Сер. Сільське господарство. Рослинництво*. Полтава : ПДАА, 2011. Вип. 1. С. 49–50. **7.** Голотюк М. В. Розвиток роботомеханічних систем в машинобудуванні. *Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. Проблеми надійності машин*. Харків : ХНТУСГ, 2018. Вип. 192. С. 248–255. **8.** Холодюк О. В. Глобальні навігаційні супутникові системи та їх роль у технологіях точного землеробства. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. Вінниця, 2020. № 2 (109). С. 71–87. **9.** Новітні технології у рослинництві / В. Д. Паламарчук, І. С. Поліщук, В. А. Мазур, О. Д. Паламарчук. Вінниця, 2017. 602 с. **10.** Голотюк М. В. Дослідження мехатронних систем в машинобудуванні. *Сільськогосподарські машини*. Луцьк, 2017. Вип. 37. С. 31–37.

REFERENCES:

1. Systema tochnoho zemlerobstva / L. V. Aniskevych, D. H. Voitiuk, F. M. Zakharin, S. O. Ponomarenko. K. : NUBiP Ukraine, 2018. 566 s. **2.** Satsiuk V. V., Didukh V. F., Fedoniuk M. A. Doslidzhennia yakisnykh pokaznykiv pryiomu syhnaliv GNSS navihatsiinym obladdnanniam mashynno-traktornykh ahrehativ. *Silskohospodarski mashyny*. Lutsk, 2022. Vyp. 48. S. 93–99. **3.** Adaptivni systemy zemlerobstva : navch. posib. / V. P. Hudz, I. D. Prymak, M. F. Rybak ta

in. K. : Tsentр uchbovoi literatury, 2007. 336 s. **4.** Yak pochaty vprovadzhuvaty tochnе zemlerobstvo na pidpriemstvi. URL: <https://smartfarming.ua/ua-blog/kak-nachat-vnedryat-tochnoe-zemledelie-na-predpriyatii> (data zvernennia: 10.04.2020). **5.** Holotiuk M. V., Doroshchuk V. O., Pakharenko V. L., Kucheruk M. O. Modeliuvannia upravlinnia transportnyy potokamy z vykorystanniam intelektualnykh transportnykh system. *Visnyk NUVHP. Ser. Tekhnichni nauky*. Rivne : NUVHP, 2018. Vyp. 3(83). S. 110–118. **6.** Laslo O. O. Vprovadzhennia tekhnolohii tochnoho zemlerobstva v Ukraini. *Visnyk PDAA. Ser. Silske hospodarstvo. Roslynnnytstvo*. Poltava : PDAA, 2011. Vyp. 1. S. 49–50. **7.** Holotiuk M. V. Rozvytok robotomekhanichnykh system v mashynobuduvanni. *Visnyk KhNTUSH im. P. Vasylenka. Problemy nadiinosti mashyn*. Kharkiv : KhNTUSH, 2018. Vyp. 192. S. 248–255. **8.** Kholodiuk O. V. Hlobalni navihatsiini suputnykovi systemy ta yikh rol u tekhnolohiiakh tochnoho zemlerobstva. *Tekhnika, enerhetyka, transport APK*. Vinnytsia, 2020. № 2 (109). S. 71–87. **9.** Novitni tekhnolohii u roslynnnytstvi / V. D. Palamarchuk, I. S. Polishchuk, V. A. Mazur, O. D. Palamarchuk. Vinnytsia, 2017. 602 s. **10.** Holotiuk M. V. Doslidzhennia mekhatronnykh system v mashynobuduvanni. *Silskohospodarski mashyny*. Lutsk, 2017. Vyp. 37. S. 31–37.

Holotiuk M. V., Candidate of Engineering (Ph.D), Associate Professor, Nalobina O. O., Doctor of Engineering, Professor, Bundza O. Z., Candidate of Engineering (Ph.D.), Associate Professor, Tkhoruk Ye. I., Candidate of Engineering (Ph.D), Associate Professor, Doroshchuk V. O., Senior Lecturer, Moshchych S. Z., Candidate of Economics (Ph.D.), Associate Professor (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

MECHATRONICS IN PRECISION FARMING SYSTEMS

The article considers the current direction of the development of agro-industrial complexes, which is based on the use of resource-saving technologies. The introduction of precision farming systems is one of the most effective and promising methods of increasing the productivity of work in the agro-industrial complex. The article presents and explores the possibility of using automation tools for managing agricultural machinery. A solution of creating a centralized unified automated management information system was proposed. It is necessary to develop and implement modern and advanced technologies of field research and yield forecasting to increase the

yield of agricultural crops and reduce costs. Such technologies ensure more efficient use of natural, material and other resources. They contribute to the development of a highly efficient economy and increase costs without harming the environment. Many agricultural enterprises use precision farming technologies using satellite monitoring systems for the agro-industrial complex. The implementation of precision agriculture includes three main stages: gathering information, making decisions based on the analysis of the received data, and implementing planned activities. It is necessary to apply existing technologies of precision agriculture to implement such measures: mapping and parallel driving, which is a common technology of precision agriculture, which includes a GPS receiver, a display with a pointer, an autopilot and a processor that processes data. At the same time, satellite navigation and specialized programs for remote control of equipment are involved. This method makes it possible to achieve maximum yields, reduce the amount of applied fertilizers, and increase the environmental friendliness of agriculture.

Keywords: precision farming systems; mechatronics; agro-industrial complex; system approach; technology.
