

## **ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ І ЗАСТОСУВАННЯ У СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ СУЧАСНИХ ВИСОКОТЕХНОЛОГІЧНИХ ЗАСОБІВ**

**В. Адамчук**, д-р техн. наук, акад. НААНУ,  
*Національний науковий центр "ІМЕСГ" НААН України*

**І. Гриник**, д-р с.-г. н, акад. НААНУ,  
*Президія Національної академії аграрних наук України*

**В. Булгаков**, д-р техн. наук, акад. НААНУ,  
*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*Розглянуто тенденції подальшого розвитку механіки та мехатроніки, що використовується під час дослідження і розробленні обладнання для сучасного сільського господарства і переробної промисловості, у світлі використання новітніх високих технологій.*

**Ключові слова:** *сільське господарство, механіка, мехатроніка, наукові розробки, роботи, гнучкі автоматизовані системи.*

**Вступ.** Стратегічною метою машинно-технологічного забезпечення сучасного виробництва і переробки продукції, будь-якої технічно розвиненої країни, є створення конкурентоспроможного агропромислового виробництва, що може забезпечити продовольчу безпеку та інтеграцію у світове сільськогосподарське виробництво [1]. При цьому конкурентоспроможне сільське господарство повинне базуватися на високоінтенсивних екологічно чистих енергозберігаючих технологіях.

Зростання технічної оснащеності і розвиток мікропроцесорної бази з використанням перспективних високотехнологічних наукових розробок створюють необхідні умови для успішного здійснення таких завдань. Адже з розвитком механіки, численних її застосувань, електроніки і біотехнології багато що вже зроблено для істотного полегшення людської праці і збільшення її продуктивності.

Вже зараз в багатьох промислових галузях існують механічно і електрично взаємозв'язані технологічні лінії, які містять найсучасніші комплекси виробничого устаткування. З'явилися конвеєрні лінії, сучасні об'єктоорієнтовані сільськогосподарські машини із системами супутникової навігації [2].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Проблемам використання високотехнологічних засобів, на підставі сучасних розробок мехатроніки, електроніки та робототехніки, присвячено чимало наукових праць [2-7]. Все більше і більше галузей потребують негайного застосування (навіть

використання роботів у космосі) цих найсучасніших наукових і практичних досягнень. Не може стояти в осторонь і сільське господарство, яке як ніяка інша галузь вимагає застосування цього перспективного напрямку науково-технічного прогресу.

**Мета дослідження.** Показати перспективи впровадження в сільськогосподарське виробництво промислових роботів та утворення і широкого розповсюдження на їх основі високопродуктивних гнучких автоматизованих виробничих систем.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Успіхи механізації стали доповнюватися автоматизацією виробничих процесів на основі досягнень теорії і практики автоматичного регулювання, без застосування яких неможливе було б використання багатьох технологій в сільському господарстві, переробній промисловості у галузі транспорту та ін. Поєднання механізації і автоматизації в єдиному комплексі із застосуванням електротехнічних і електронних засобів потребує аналізу найбільш доцільного поєднання цих засобів в єдиній технічній системі, щоб в цілому отримати найбільшу ефективність і надійність роботи за найменшою вартості. У зв'язку з цим виникла необхідність у розвитку відповідних методів системотехніки, загальної теорії управління і системного аналізу. Значення цього нового науково-технічного напрямку особливо посилилося у зв'язку з ускладненням продукції і завдань виробництва.

Проте подальший розвиток сільськогосподарської техніки привів до ще більш інтенсивнішого використання засобів і методів автоматизації, інформатизації систем машин, агрегатів і потокових ліній. Таке впровадження інтенсивніших технологічних процесів і прагнення отримати більш високу якість продукції вже обмежується фізіологічними можливостями людини. Дійсно, складність процесів управління може значно перевищувати людські можливості своєчасно оцінювати виникаючі складні ситуації, вибирати найвигідніші варіанти організації взаємозв'язків у складних технічних системах виробничого процесу.

Тому в подальшому процесі розвитку сільськогосподарської і переробної техніки доцільно використати високоточні роботизовані технології, що базуються на автоматичному управлінні процесами з мінімальною участю людини або без її безпосередньої участі. В результаті виникла абсолютно нова (в порівнянні з механізацією і малою автоматизацією технологічних процесів) проблема – роботизація виробничої діяльності людини. Це стало одним з основних елементів нової науково-технічної політики, що ґрунтується на досягненнях механіки, біомеханіки, теорії управління, кібернетики на базі застосування електроніки і обчислювальної техніки [3-4].

Застосування робототехніки зробило можливим виконання таких робіт і отримання таких результатів, які раніше були абсолютно немислимі. Звичайно, і в цих умовах нові досягнення в інших галузях науки і техніки, як

і раніше, продовжують грати найважливішу роль у вдосконаленні технологічних процесів. Але в цілому слід звернути увагу на роль робототехніки і робототехнічних систем в механізації і автоматизації виробництва на принципово новому рівні. Очевидно, що проблема ця надзвичайно багатогранна.

Звичайно, поява робототехніки і гнучких виробничих систем не відмінє використання в окремих випадках колишнього типу універсальних верстатів і пристосувань, застосування малої механізації і автоматизації колишнього типу тощо. Вони можуть ще по-своєму удосконалюватися і застосовуватися там, де це необхідно і доцільно. Проте майбутнє – за робототехнікою.

Робототехніка являє собою науково-технічну дисципліну, що інтенсивно розвивається, яка вивчає не лише теорію, методи розрахунку і конструювання роботів, їх систем і елементів, але і проблеми комплексної автоматизації виробництва і наукових досліджень із застосуванням роботів. Слід зауважити, що термін “робототехніка” використовується і в іншому контексті, означаючи сукупність техніки (машин, устаткування, агрегатів та ін.), оснащеної робототехнічними пристроями або функціонуючої спільно з роботами в єдиному технологічному процесі [5].

Вже найближчим часом очікується інтенсифікація впровадження робототехніки в усі галузі господарства. На сьогодні сформульовані наступні загальні принципи технічної політики з огляду на роботизацію промислового виробництва.

Перший принцип – принцип досягнення кінцевих результатів – означає, що засоби роботизації повинні не просто імітувати або замінити людину, а виконувати виробничі функції швидше, надійніше і краще за людину, лише тоді вони по-справжньому будуть ефективними.

Другий принцип – принцип комплексності підходу – диктує необхідність розгляду і зв’язування в єдиному комплексі усіх найважливіших компонентів виробничого процесу: об’єктів виробництва (виробів), технології, основного і допоміжного устаткування, системи управління і обслуговування, кадрового забезпечення, взаємодії із зовнішніми структурами та ін.

Третій принцип – принцип необхідності – визначає застосування засобів роботизації, нехай найсучасніших і найперспективніших, не там, де їх можна пристосувати, а лише там, де без них не можна обійтися.

Четвертий принцип – принцип своєчасності, – що не допускає впровадження і тиражування недостатньо зрілих і відпрацьованих технічних рішень і конструкцій. Впровадження дорогих, малонадійних і непродуктивних роботів та інших засобів автоматизації може призвести лише до їх дискредитації.

Роботи стали реальністю світової економічної системи, і альтернативи їх використанню в промисловому виробництві і наукових дослідженнях немає. Саме роботи і робототехнічні системи стали тією ланкою, яка дозволила

об'єднати розрізнене технологічне устаткування в комплексні гнучкі системи, поєднати, здавалося б, несумісне – високу продуктивність з високою гнучкістю виробництва.

Для визначення основного поняття “робот” слід з'ясувати головні критерії оцінки його можливостей. Оскільки робот за своєю концепцією виник як пристрій, покликаний замінити працю людини в найрізноманітніших видах і сферах, застосування, оцінка його можливостей повинна виходити з трьох категорій здібностей, властивих живій істоті, зокрема людині, – фізичних, функціональних і інтелектуальних.

Робот – це тривимірна машина, що має три виміри, які відповідають простору живої істоти. Обчислювальні та інші інформаційні машини, а також машини вантажопідйомного, будівельного, транспортного виду двовимірні. Стаціонарні машини загального застосування, що існували досі, можна вважати одновимірними, такими, що мають тільки фізичні можливості [6, 7].

У широкому розумінні робот може бути визначений як технічна система, здатна замінити людину або допомагати їй у виконанні різних завдань. Проте і досі відсутнє строге і загальноприйняте формулювання. Різні джерела дають різне тлумачення цього поняття. Від інших систем, призначених для обробки зовнішньої інформації і отримання керуючих команд (наприклад, систем автоматичного управління технологічними процесами), що управляють, роботів відрізняє антропоморфізм.

При усій численності і різноманітності формулювань існують закладені в них найбільш характерні відмітні ознаки роботів, до яких слід віднести:

1) автономність, під якою розуміється здатність самостійного виконання дій або виробничих операцій згідно лише із програмним алгоритмом або з цілеспрямованою командою і умовами змінного зовнішнього середовища;

2) універсальність, що розуміється як здатність виконувати найрізноманітніші дії або виробничі операції і легко переходити з одного виду дій на інший;

3) автоматичність, тобто здатність виконувати досить складні і завершені дії або виробничі цикли без безпосереднього втручання людини-оператора;

4) антропоморфізм, що розуміється в широкому сенсі, як наділення робота здібностями, властивими людині: фізичними (силовими), функціональними (руховими) і інтелектуальними (подібність робота з людиною, що абсолютно необов'язково і може використовуватися лише в спеціальних цілях;

5) адаптивність, тобто здатність до цілеспрямованої зміни своєї поведінки під впливом змін зовнішніх умов і до навчання в процесі взаємодії із зовнішнім середовищем (гнучкість). Здатність до адаптації і навчання реалізується шляхом наділу робота тими або іншими засобами зворотного зв'язку: дотиком, зором, слухом, нюхом, запам'ятовуванням тощо. Виділені в найбільш загальному вигляді без зайвої деталізації ці п'ять відмітних ознак

досить повно визначають здібності і можливості робота як технічної системи. При цьому три перших є абсолютно невід’ємними ознаками будь-якого робота, а два подальших – четвертий і п’ятий – в тій чи іншій мірі можуть бути властиві найбільш досконалим роботам.

Що стосується сільськогосподарських роботів, то вони призначені для автоматизації трудомістких і монотонних процесів, що традиційно вимагає значних витрат праці. Окрім операції доїння (рис. 1), яка є найбільш автоматизованою за останні роки, стає можливим створення спеціальних транспортно-технологічних засобів, наприклад, тракторів, керованих без водіїв для сівби, оранки, внесення добрив, обприскування посівів, обрізання зайвих пагонів тощо.

Так, наприклад, естонський промисловий дизайнер Ханнес Зееберг, що навчався у Швеції, створив багатоцільовий сільськогосподарський робот “RoboTrac” (рис. 2).

Робот “RoboTrac” може за заданою програмою орати, обробляти ґрунт, саджати рослини, запилювати їх, прополювати, а також виконувати інші подібні функції. Завдяки своїм невеликим розмірам і вазі робот працює, не пошкоджуючи оброблювані рослини.



Рисунок 1 – Операція доїння



Рисунок 2 – Багатоцільовий сільськогосподарський робот “RoboTrac”

Співробітники університету Копенгагена також вважають, що майбутнє сільського господарства належить маленьким роботизованим машинам. Вони не лише використовують менше енергії і добрив, ці машини щадять ґрунт; з їх чуйними і розумними сенсорами у них немає потреби вивозити урожай в один захід. Роботи-працівники можуть з’являтися на полі скільки завгодно раз у будь-який час (навіть вночі), щоб знімати тільки найстиглиші плоди. Ось таким їм бачиться випробування сільськогосподарських роботів, що спеціалізуються на обробці і удобренні ґрунту, збиранні і перевірці стиглості урожаю (рис. 3, 4).

Роботи-удобрювачі ґрунту та висіву насіння із супутниковою системою керування (рис. 3) зможуть поміщати насіння і порції добрив у ґрунт із

точністю до міліметра, а роботи-збирачі урожаю будуть збирати тільки ті стиглі плоди овочевих культур, які комп'ютер перед цим перевірить у форматі 3-D (рис. 4).



**Рисунок 3 – Робот-удобрювачі ґрунту та висіву насіння із супутниковою системою керування**



**Рисунок 4 – Перевірка овочів під час збирання**

Нещодавно компанія “Vision Robotics” з Каліфорнії (США) вже створила робота-збирача апельсинів (рис. 5). Такий робот, використовуючи стереоскопічні камери, видивляється і ідентифікує стиглі апельсини на деревах. По суті, він створює тривимірне зображення усього помаранчевого дерева. Далі ця інформація використовується для того, щоб вісім м'яких захоплювачів робота витончено зняли кожен апельсин. Причому модель дерева може використовуватися і пізніше – в наступні дні. Робот-збирач складається з двох модулів: один – з системою бачення, а інший – із захоплювачів для збору апельсин. Компанія продовжує розроблення цього проекту, причому працює над проблемою збирання яблук (апельсини – легша мета для системи спостереження). Також компанія розробляє й інші сільськогосподарські роботи: наприклад, робот для виконання дуже складного процесу – обрізання виноградної лози.

Нещодавно ця компанія вже представила на демонстрацію дослідний зразок розробленого інтелектуального робототехнічного пристрою для винограду (рис. 6, 7). Робот виконує якісне обрізання виноградної лози. Продуктивність його роботи в годину становить 40-50% у порівнянні з ручною працею при окупності 2,5 роки.



**Рисунок 5 – Робот-збирач апельсинів**

Очікуваний час обробки одного акра становить близько чотирьох з половиною годин, а собівартість робіт робота-обрізувальника – \$ 125 за акр (один акр – 4046,86 кв. м.), що майже у два рази дешевше ніж при використанні ручної праці людини. Робот може використовуватись на ділянках з не дуже крутими схилами і в невеликий дощ.

Інтелектуальної система робота базується на стереоскопічному скануванні камерами (15 кадрів в секунду) усього виноградного ряду попереду по руху робота – на довжину ножиць для обрізки (рис. 6). Бортовий комп'ютер використовує декілька фотографій, що перекриваються, для створення тривимірних моделей лози, а обрізка відбувається відповідно до правил, які закладені в програмному забезпеченні (рис. 7).

Керівництво компанії вважає, що досягли своєї мети і показали працездатний прототип робота. Проте на їхню думку виконаний тільки перший етап, який складає лише третину від загального проекту. На другому етапі необхідно підвищити якість роботи за рахунок узгодження роботи робота з нерівностями ґрунту, різними типами виноградної лози, також спростити програмування і обслуговування робота.



Рисунок 6 – Інтелектуальний робототехнічний пристрій для винограднику



Рисунок 7 – Обрізка виноградної лози

Як повідомлялося, у Франції також був розроблений мобільний робот, призначений для автоматичного видалення зайвих пагонів виноградної лози, а японська фірма “Toshiba” вже випускає незвичайного робота-садівника, який може саджати молоді дерева і підрізувати гілки. Двома “пальцями” він схоплює рослину, а спеціальні присоски виключають поломку гілок.

Японські вчені вважають, що нове покоління роботів-садівників повністю виключить втручання людини в такі процеси, як підрізування дерев і кущів, збирання плодів полуниці (рис. 8), пересадка і навіть запилення квітів.

Дуже актуальною, хоча на перший погляд і фантастичною, являється задача створення роботів, що доглядають за тваринами, пасуть худобу і тому подібне. Наприклад, австралійська вовняна корпорація в умовах жорсткої конкуренції прийняла довгострокову програму пошуку ефективних засобів стрижки овець і після глибокого вивчення проблеми дійшла висновку, що найкращим є застосування роботів.



Рисунок 8 – Роботизоване збирання плодів полуниці

Дослідження за програмою автоматизованої стрижки призвели до розробки в університеті Мельбурну техніки для автоматичного вилову овець, розміщення і утримання їх у лютьці, подання в робототехнічну машину для стрижки.

Несподіване застосування ідеї роботизації сільськогосподарського виробництва знайшла одна з японських фірм, створивши роботизоване страховище “Тегаку” для захисту садів і ягідників від птахів в період дозрівання і збирання врожаю. Робот-страховище, ростом 175 см з “руками”, “ногами” і “головою”, за допомогою відеокамери фіксує наближення зграї або окремих птахів, включає магнітофонний запис з криками хижих птахів і тривожних криків їх пернатих жертв. Одночасно робот починає розмахувати “руками” з прикріпленими до них прапорцями і рухатися по доріжках, автоматично зупиняючись після зникнення птахів. Страховище працює автоматично, енергія надходить від вбудованих сонячних батарей.

Важливим аспектом вдосконалення роботів як принципово нових



технічних пристроїв є ефективне використання наукових досліджень і досягнень у цій галузі.

В результаті останніми роками сформувався новий науково-технічний напрям, який називається мехатронікою. Цей напрям швидко розвивається і є органічною сукупністю наукових ідей і принципів механіки, електроніки та інформатики.

Виникнення і розвиток основних контурів цієї наукової дисципліни обумовлене усе більш зростаючим і дуже плідним застосуванням в машинах і механізмах різних електронних пристроїв у вигляді мініатюрних електронних приладів, інтегральних мікросхем і мікромініатюрних обчислювальних пристроїв – мікропроцесорів на базі мікроелектроніки. Оскільки роботи у своєму розвитку базуються на використанні для управління передусім ЕОМ, то вони є типовими мехатронними пристроями і науково-технічний потенціал мехатроніки має найважливіше значення для розвитку прикладної робототехніки.

Метою вивчення мехатроніки є не роботи як конкретні пристрої, а мехатронні системи в нероздільній єдності механічних і електронних вузлів, в яких здійснюється обмін енергії і інформації. Мехатроніка включає комплекс принципів і засобів механіки, електроніки і інформатики в їх взаємодії в машинах і системах. У сферу її інтересів входить також автоматизація планування і управління підприємством, промислова автоматика і робототехніка, автоматизація транспортних і диспетчерських систем.

Тому подальший розвиток і вдосконалення нових технологій і форм організації виробництва – гнучких виробничих систем з промисловими роботами – безпосередньо залежать від досягнень мехатроніки.

Слід також відзначити, що особливість роботизації сільськогосподарського виробництва полягає в нерозривному зв'язку техніки з біологічними об'єктами, тобто з непостійними в часі параметрами (грунту, рослин, тварин), з властивою тільки їм безперервністю процесів виробництва продукції і циклічністю її отримання. У цих умовах робототехнічні системи повинні враховувати:

- зв'язок техніки з біологічними об'єктами;
- різноманіття і складність виробничих процесів, що обумовлює різноманітність технологічних процесів і техніки;
- розподілення контрольованих і регульованих параметрів багатьох об'єктів по великому технологічному розкиду або об'єкту з випадковими збурювальними діями;
- умови роботи автономних робототехнічних систем (на відкритому повітрі або в неопалюваних приміщеннях) зі зміною в широких межах температури, вологості, складу агресивних газів, запиленості, інтенсивності сонячної радіації тощо.

У цьому зв'язку важливу роль відіграють дослідження в галузі механіки живого або біомеханіки. Біомеханічні дослідження охоплюють різні рівні

організації живої матерії: біологічні макромолекули, клітини, тканини (біореологія), органи, системи органів, а також цілі організми і їх співтовариства. Найчастіше об'єктом дослідження цієї науки є рух тварин і людини, а також механічні явища в тканинах, органах і системах.

Як відомо, роль двигуна в живих організмах виконують м'язи. Якщо порівнювати ознаки руху матеріальних тіл і живих організмів, то другі відрізняються від перших більш ефективними властивостями цілеспрямованості і багатоваріантності. Живі організми можуть за рахунок внутрішнього переналаштування переміщення своїх гнучких рухових елементів змінити результуючі показники руху відповідно до нових цільових установок і забезпечити при незмінному зовнішньому середовищі і фіксованих початкових умовах його багатоваріантність.

Використання принципів біомеханіки привело до створення науковцями з Токійського університету сільського господарства екзоскелет для фермера. Екзоскелет важить поки що більше 20 кг і призначений для зняття більшої частини навантаження з м'язів свого хазяїна. Такий механізм допомагає носію нагинатися (рис. 9, а), опускати на коліна і підніматися на повний зріст (рис. 9, б).

Шістнадцять сенсорів екзоскелета відстежують м'язові імпульси хазяїна і передають сигнал вісьмом сервомоторам, які допомагають змінити положення тіла. В ході експерименту робот-костюм дозволяв носію нагнути до низько розташованих грядок і дотягнутися до високих гілок на дереві.

При використанні екзоскелета усі предмети здаватимуться фермерові не важче за 10 кг (рис. 9, в). Основне навантаження припадає на двигуни костюма і його конструкцію.



а



б



в

а – нагинання, б – піднімання в повний ріст, в – піднімання предметів, вагою більше 10 кг  
Рисунок 9 – Демонстрація можливостей екзоскелета

**Висновки.** Таким чином, процес розробки і впровадження в сільськогосподарське виробництво промислових роботів та утворення на їх основі гнучких автоматизованих виробничих систем і комплексів відносяться

до пріоритетних напрямів науково-технічного прогресу. Такий шлях розвитку сільськогосподарської техніки і технічного обладнання всебічно сприятиме ефективному використанню досягнень біотехнології, створенню інтегрованих систем інтенсифікації продуктивності в усіх сферах діяльності сільського господарства і переробки його продукції.

Проте в Україні такий шлях можливий лише за умови тісної взаємодії передових наукових досліджень в галузях теоретичної і прикладної механіки, мехатроніки, робототехніки і управління рухом складних інтелектуальних систем з розвитком їх теоретичної і наукової бази, а також цілеспрямованого залучення молодих наукових кадрів, створення науково-технічних шкіл і підготовки фахівців.

### **Література**

1. Лукинов И.И. Эволюция экономических систем. – М.: Экономика, 2002. – 567 с.
2. Бернштейн Н.А. Биомеханика и физиология движений. М.: МОДЭК, МПСИ. – 2004. – 688 с.
3. Теряев Е.Д., Филимонов Н.Б., Петрин К.В. Современный этап развития мехатроники и грядущая конвергенция с нанотехнологиями // Мехатроника, автоматизация, управление: Материалы 5-й науч.-техн. конф. С.-Петербург: ГНЦ РФ ЦНИИ “Электроприбор”, 2008. – С. 9–20.
4. Тимофеев Б.П. Точная механика. Современные проблемы // Известия вузов. Приборостроение, 1998. – Т.41, №1-2. – С. 73–84.
5. Минков К. Робототехника – ренессанс теории механизмов и машин // Материалы 3-й Междунар. школы: Применение механики в робототехнике и новых материалах. – Варна: изд-во. Болг. АН, 1988. – С. 42–47.
6. Подураев Ю.В. Основы мехатроники. – М.: МГТУ-СТАНКИН, 2000. – 80 с.
7. Подураев Ю.В., Кулешов В.С. Принципы построения и современные тенденции развития мехатронных систем // Мехатроника, 2000. – №1. – С. 5–10.

### **Аннотація**

*Приведены тенденции дальнейшего развития механики и мехатроники при исследовании и разработке оборудования, которое используется в области современного сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности в свете использования новейших высоких технологий.*

### **Summary**

*Tendencies of the further development of the mechanical equipment in the field of investigation and development of agriculture and processing of production in the light of use of the newest high techniques are considered.*