

## І МАШИНОБУДУВАННЯ ТА МАТЕРІАЛООБРОБКА

УДК 631.34:632.98

### ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ МЕХАНІКИ ДЛЯ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

*Калетнік Г.М*

*Вінницький національний аграрний університет*

*Черниш О.М*

*Березовий М.Г*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*Розглянуті етапи і тенденції подальшого розвитку механіки при дослідженні і розробці обладнання, що використовується в галузі сучасного сільського господарства і переробної промисловості у світлі використання новітніх високих технологій.*

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

Стратегічною метою машино-технологічного забезпечення сучасного виробництва і переробки сільськогосподарської продукції, будь-якої технічно розвиненої країни, є створення конкурентоздатного агропромислового виробництва, що може забезпечити продовольчу безпеку та інтеграцію у світове сільськогосподарське виробництво. При цьому конкурентоздатне 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. Вже з'явилися конвеєрні лінії, сучасні об'єктоорієнтовані сільськогосподарські машини із системами супутникової навігації.

Успіхи механізації стали доповнюватися автоматизацією виробничих процесів на основі досягнень теорії і практики автоматичного регулювання, без застосування яких неможливі були б багато технологій в сільському господарстві, переробці сільськогосподарської продукції, транспорті і в інших видах виробництва. Поєднання механізації і автоматизації в єдиному комплексі із застосуванням електротехнічних і електронних засобів зажадало аналізу найбільш доцільного поєднання цих засобів в єдиній технічній системі, щоб в цілому отримати найбільшу ефективність і надійність роботи при найменшій вартості. У зв'язку з цим виникла необхідність в 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 в 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 його 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, заснованої на досягненнях механіки, біомеханіки, теорії управління, кібернетики на базі застосування електроніки і обчислювальної техніки.

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 стоїть 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.

Вже найближчим часом очікується інтенсифікація впровадження робототехніки в усі галузі господарства. На сьогодні сформульовані наступні загальні принципи технічної політики при роботизації 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 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 своєчасності, що не допускає впровадження і тиражування недостатньо зрілих і відпрацьованих технічних рішень і конструкцій. Впровадження дорогих, малонадійних і непродуктивних роботів і 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 і 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.

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 наділ 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.



*Рис. 1. Так, наприклад, естонський промисловий дизайнер Ханнес Зееберг, що навчався у Швеції, створив багатоцільовий сільськогосподарський робот “RoboTrac” (рис. 2)*



*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.

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, щоб знімати тільки найстиглиші плоди. Ось таким їм бачиться випробування роботів, що спеціалізуються на обробці і удобрюванні ґрунту, збиранні і перевірці стиглості урожаю (рис. 3, 4).

Роботи-удобрювачі ґрунту із супутниковим керуванням (рис. 3) зможуть поміщати зерно у ґрунт із точністю до сантиметра, а роботи-збирачі урожаю будуть збирати тільки ті стиглі плоди апельсинів, які комп'ютер перевірить у форматі 3-D (рис. 4).



*Рис. 3*



*Рис. 4*

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 розробку цього проекту, причому працює над проблемою збирання яблук (апельсини легша мета для системи спостереження). Також компанія розробляє і інші сільськогосподарські роботи: наприклад, робот для виконання дуже складного процесу обрізання виноградної лози.

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



*Рис. 5*

Очікуваний час обробки одного акра складає 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 невеликій дощ.



*Рис. 6*

Інтелектуальної система робота базується на стереоскопічному скануванні камерами (15 кадрів в секунду) усього винограду 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).



*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.

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.



*Рис. 8*

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

Дослідження за програмою автоматизованої стрижки призвели до розробки в університеті Мельбурну техніки для автоматичного вилову овець, розміщення і утримування їх у люльці, 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 поступає від вбудованих сонячних батарей.

Важливим аспектом вдосконалення роботів як принципово нових технічних пристроїв є ефективне використання наукових досліджень і досягнень у цій області.

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 відмітити, 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 більше 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), опускатися на коліна і підніматися на повний зріст (рис. 10).

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 нагнутися до низько розташованих грядок і дотягнутися до високих гілок на дереві.

При використанні екзоскелета усі предмети здаватимуться фермерові не важче за 10 кг (рис. 11). Основне навантаження припадає на двигуни костюма і його конструкцію.

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.



*Рис. 9*

Проте на Україні такий шлях можливий тільки при тісній 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 при цілеспрямованому залученні молодих наукових кадрів, створенні науково-технічних шкіл і підготовці фахівців.



*Рис. 10*



*Рис. 11*

У зв'язку з цим зростає роль викладання у вищій школі базових технічних дисциплін, таких як теоретична механіка, теорія механізмів і машин, на матеріал яких спирається переважна більшість інших необхідних загальнопрофесійних і спеціальних інженерних курсів.

Нині у зв'язку з інтенсивним розвитком нових галузей знань, які знаходяться на перетині класичної механіки, електроніки, теорії управління і інформатики, біології як, наприклад, мехатроніки, біомеханіки і інших наукомістких напрямів “високих технологій” роль механіки стає ще важливішою.

### **Література**

1. Бернштейн Н.А. Биомеханика и физиология движений. М.: МОДЭК, МПСИ. – 2004 г. – 688 с.
2. 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.
3. Тимофеев Б.П. Точная механика. Современные проблемы // Известия вузов. Приборостроение. 1998. т.41, №1-2. – С. 73-84.
4. 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.
5. Новые технологи в сельском хозяйстве // <http://www.mehan.inf.ua>
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.
8. Роботы-земледельцы // <http://www.roboting.ru>.
9. Эволюция взглядов на предметную область мехатроники // <http://www.mehatronus.ru>.