

УДК 007.52 (09)

**В.Б. Струтинський, д.т.н., проф.**  
*Національний технічний університет України „КПІ”*  
**В.Є. Юмашев, к.т.н., доц.**  
*Житомирський державний технологічний університет*  
**О.М. Кравець, к.т.н., доц.**  
*Національний технічний університет України „КПІ”*

## ОСНОВНІ ЕТАПИ РОЗВИТКУ РОБОТОТЕХНІКИ

*У статті розглянуті основні етапи розвитку робототехніки в історичному аспекті. Проаналізовані фактори, що привели до зародження етапів, і дана характеристика кожного етапу.*

**Постановка проблеми.** Історія природознавства й техніки багата прикладами, які свідчать про прагнення людини ще з древніх часів створювати механізми й пристрої, подібні до живих істот. Згадки про рукотворні механізми, які зовні і за поведінням нагадують людей або деяких живих істот, можна зустріти в багатьох древніх міфах і легендах. Такі пристрої створювалися вченими в різних країнах, починаючи від древньої Греції і Рима й до древнього Китаю. Ці мрії і бажання втілювалися в цей час. Зараз робототехніка охоплює практично всі сфери діяльності людини. Однак становить безсумнівний інтерес простежити, як розвивалася робототехніка, як вирішувалися різні науково-технічні проблеми й втілювалися в дійсність. Історії робототехніки присвячені окремі глави в різних джерелах [1–7], але матеріал представлений, в основному, в хронологічній послідовності. З погляду історії науки, необхідно виділити переломні етапи в розвитку робототехніки, які викликали появу нових механізмів і пристроїв. Установлення і аналіз таких етапів дозволить визначити перспективні напрямки й спрогнозувати подальший розвиток робототехніки. У статті розглядаються механізми й пристрої, які можна віднести або умовно віднести до поняття “робот”. Це такі механізми й пристрої, які можуть замінити людину при виконанні яких-небудь робіт або які копіюють поведінку людини або тварини.

**Ціль дослідження.** Метою даної роботи є встановлення основних етапів, які дозволять систематизувати наявні розробки в області робототехніки, і визначення перспективних напрямків розвитку робототехніки.

**Основна частина.** Розвиток робототехніки відбувався в кілька етапів, які залежали від рівня науки й техніки відповідного періоду існування людства.

**Перший етап** можна назвати античним. Він почався ще до нашої ери й знайшов відображення в різних міфах, легендах і літературних джерелах, що дійшли до наших днів. Це були пристрої, які приводилися в рух за допомогою води, пари або різних тягарів. До наших днів дійшли згадування про деякі такі пристрої, конструкції яких можна відновити й зараз.

Одним з таких пристроїв була карета, запряжена дерев'яним конем, що винайшов китайський механік Лу Бан. (~507–444 р. до н.е.). Цей пристрій був призначений для перевезення матері Лу Бана, який було важко ходити. Конструкція пристрою була відновлена китайськими вченими по збережених джерелах [4]. Принцип переміщення ґрунтувався на силах інерції. При переміщенні під гору кінч міг рухатися сам, без участі людини. В інших випадках необхідно було прикладати порівняно невелике тяглове зусилля, що могла забезпечити одна людина.

Необхідно так само відзначити дерев'яного голуба, якого створив грецький вчений Архітас із Тарента (~350 р. до н.е.). Як привід цієї іграшки використовувалася пара або стиснене повітря [1]. Аналогічні пристрої були розроблені Ктесібіусом (Ctesibius) з Олександрії (~270 р. до н.е.). Він розібрався з багатьма законами гідравліки й на їхньому принципі створював птахів і різноманітних істот, які могли переміщуватися під дією води [5]. Ним же був створений перший водяний годинник з фігурами, що рухаються. До нього користувалися тільки пісковими годинниками [6].

Достовірні відомості, що дійшли до нас про механічних людей, створених людиною, відносяться до першого століття нашої ери й пов'язані з ім'ям Герона Олександрійського. Цей відомий давньогрецький механік сконструював пристрій, за допомогою якого „оживали” статуї, встановлені в храмі Діонісія: тільки-но на жертвовнику храму запалювали вогонь, як фігури бога Діонісія і його дружини Аріадни починали рухатися [2]. У своїй книзі „Пневматика” Герон Олександрійський описує кілька десятків автоматичних механізмів. В “Театрі автоматів” описаний навіть пристрій цілого театру, виставу в якому грали фігурки-ляльки, що приводились у рух за допомогою системи зубчастих коліс, блоків і важелів. Найбільшу популярність одержав автомат для продажу “святої” води, створений Героном за замовленням єгипетських жерців.

Але всі ці пристрої не могли забезпечити повністю автоматичний принцип роботи й вимагали постійного зовнішнього впливу. Вони служили для розваг і для обслуговування культових ритуалів.

**Другий етап** можна назвати механічним. Його початок можна віднести до середніх віків, коли з'явився механічний годинник із заводною пружиною як привід. Цей привід став використовуватися не тільки в годинниках, але й в інших механічних пристроях того часу.

Серед відомих вчених того часу можна відзначити арабського механіка аль-Джазарі (~1206 р.), що в „Книзі про пізнання хитромудрих механічних пристосувань” пояснює принципи пристрою різних автоматів [7]. До цього ж періоду відносяться відомості про появу перших рухливих людиноподібних механічних фігур. Так, механічна лялька зростом з людину, створена німецьким філософом Альбертом Великим (1193–1280), могла, коли стукали у двері, відчиняти й зачиняти їх, кланяючись при цьому тим, хто входить [3].

Далі естафету прийняв відомий італійський вчений і художник Леонардо да-Вінчі (1452–1519). Знаменитий малюнок Леонардо да-Вінчі з його „Атлантичного кодексу” (1478), за твердженням сучасного вченого Марка Рошейма (Mark Rosheim), є зображенням "програмувального робота", здатного подолати чіткий маршрут, відповідно до заданої програми. За цим кресленням була розроблена діюча модель [8]. Потім Леонардо да-Вінчі розробляє детальний проект механічної людини, здатної рухати руками й повертати голову (1495). Механізм виглядає як торс броньованого лицаря. В 1500 р. Леонардо да-Вінчі будує механічного лева, що при в'їзді короля Франції в Мілан висовувався, роздирав пазурами груди й показував герб Франції [6].

У більш пізні роки розробка різних пристроїв прийняла небувалий розмах. В основному це були механічні ляльки для розваги, але їхня конструкція й зараз викликає замилювання своєю унікальністю. Серед таких механізмів необхідно відзначити качку французького механіка Жака де Вокансона (1738), який, крім неї, створив флейтиста, що виконує 11 різних мелодій. Широко відомі механічні ляльки швейцарських годинників – батька й сина П'єра й Анрі Дро (1772). Протягом декількох років вони створили три людиноподібних пристроїв: переписувача, малювальника й дівчину-музикантку, яких приводять у рух годинниковим пристроєм із заводною пружиною. Після появи цих пристроїв людиноподібні механізми стали називати „андроїдами”, від імені сина Анрі Дро. Необхідно так само відзначити пристрої російського механіка І.П. Кулібіна (1735–1818), який створив ряд автоматів, у тому числі й знамениті годинники із вмонтованим мініатюрним театром.

До другого етапу можна віднести пристрої, які з'явилися після винаходу Жозеф Марі Жаккардом в 1801 році автоматичного ткацького верстата, що управлявся від перфокарт. Подальшого розвитку метод програмування одержав у створенні програмних барабанів для керування різними автоматами. На основі цього в 1810 р. Фрідріхом Кауфманом був створений механічний сурмач, котрий міг виконувати різні мелодії.

Необхідно так само відзначити роботи російського вченого П.Л. Чебишева (1821–1894). Він удосконалив і розробив теорію для розрахунку паралелограма Уатта, що перетворював обертовий рух у поступальний. Так само ним була створена машина, що переступає, яка відтворювала рухи тварини, що йде [9]. Ця конструкція була використана при розробці крокуючих роботів.

**Третій етап** можна назвати електричним. Він почався на рубежі XIX–XX століть. Цей час характеризується видатними відкриттями в галузі науки й техніки. З'явилися й почали широко застосовуватися різні електричні пристрої, генератори струму, електричні двигуни, акумулятори, були винайдені телеграф і телефон. Електрична енергія почала використовуватися усе ширше й ширше. На початку XX сторіччя почали інтенсивно розвиватися нові науки – радіотехніка й електроніка. Всі ці досягнення людської думки не могли не вплинути на проблему створення робототехнічних пристроїв, і тому XX століття можна вважати початком третього етапу їхньої еволюції.

В 1898 р. відомий вчений і винахідник Никола Tesla продемонстрував перший у світі дистанційно керований човен. Це був видатний винахід для того часу [7].

На початку XX століття з'явилося й саме слово „робот”, яке використав чеський письменник Карел Чапек у своєму творі „Р.У.Р.”. Після прем'єри цієї п'єси роботи з'явилися на сторінках науково-фантастичних видань і в кінофільмах.

Через сім років після виходу у світ „Р.У.Р.” американський інженер Дж. Венслі сконструював перший у світі робот „Televox”. Завдяки зовнішній подібності з людиною й здатністю виконувати елементарні рухи за командою, що подається людиною, він став експонатом Всесвітньої виставки в Нью-Йорку. В 1929 р. на радіовиставці в Парижі демонструвався електричний собака. Коли його висвітлювали, він починав рухатися на світло й гавкати. Якщо лампочку відводили вбік, не перестаючи висвітлювати собаку, останній повертався й продовжував гавкати, рухаючись до джерела світла. Можна так само відзначити, що в 1937 р. на Всесвітній виставці в Парижі демонструвався рухливий радіокерований робот, створений радянським восьмикласником В. Машкевичем [3]. В 1939 р. на Всесвітній виставці в Нью-Йорку Westinghouse Electric Corp., щоб уразити відвідувачів, представила робота-андроїда Elektro і робота-собаку Sparko. Elektro важив 136 кг і міг ходити, розмовляти й ... курити. Крім цих роботів була створена ще ціла гама їм подібних.

В 1950 р. Грей Уолтер (William Grey Walter), англійський нейрофізіолог, ставить свої знамениті кібернетичні експерименти з „черепашками”. „Черепашки” являють собою саморушні електромеханічні візки, здатні повзти на світло або від нього, обходити перешкоди, заходити в „годівницю” для підзарядки акумуляторів, що розрядилися [6].

Однак всі ці пристрої мали обмежене практичне застосування й служили, в основному, для рекламних цілей. Інженери тоді ще не приступали до вирішення технічних проблем, пов'язаних з використанням роботів у виробничих процесах.

**Четвертий етап** можна назвати промисловим. Початок цьому етапу поклав винахід американського інженера Дж. Дівола в 1954 р. Перша у світі заявка на винахід промислового робота Дж. Дівола називалася „програмувальний пристрій для передачі виробів” [10]. В описі патенту Дж. Дівол застосував для загального позначення напрямку свого винаходу вираз „універсальна автоматизація” (Universal Automation) або, скорочено, Unimation. Цей вираз і послужив надалі як назва відомої фірми з виробництва роботів і як назва самих роботів – „Unimate”.

Перші промислові роботи були створені тільки в 1960 р. Це були роботи Unimate і Versatran. Промисловий робот Versatran був розроблений в американській корпорації American Machine and Foundry (AMF) інженерами Гаррі Джонсоном (Harry Johnson) і Велджко Міленковичем (Veljko Milenkovic) [11]. Цей робот і був установлений на підприємстві цієї корпорації. Перший промисловий робот Unimate був куплений компанією General Motors в 1960 р. й був установлений на автомобільному заводі в Трентоне (штат Нью-Джерсі), де він витягав розпечені металеві деталі з форм для лиття під тиском і укладав їх у тару.

Після успішних виробничих випробувань перших промислових роботів їх почали встановлювати на багатьох підприємствах для виконання різних операцій. Промисловими роботами зацікавилися і в інших країнах. Наприкінці шістдесятих років ХХ століття японський концерн „Kawasaki” придбав у фірмі „Unimation Co. Ltd” (США) ліцензію на випуск промислових роботів „Kawasaki-Unimate” у необмежених кількостях. Протягом декількох років Японія вийшла в лідери роботобудування у світі, яке вона займає й по теперішній час. В 1967 р. почався випуск роботів в Англії за ліцензією США, в 1968 р. – у Швеції, в 1971 р. – у ФРН, в 1972 р. – у Франції і в 1973 р. – в Італії. У промислово розвинених країнах стали створюватися фірми, які почали розробляти й випускати промислові роботи різного призначення.

В СРСР роботобудування почалося з 1972 р., коли була розроблена велика кількість дослідних зразків промислових роботів різного призначення й конструкції. До них можна віднести роботи серії „Універсал”, ПР-5, „Бріг-10”, ИЕС-690, МП-9С та ін. В 1978 р. вийшов у світ каталог „Промислові роботи”, у якому представлені технічні характеристики 52 моделей промислових роботів, розробка яких була передбачена державним планом, а також ряд моделей, створених по галузевих планах. В 1979 р. за рішенням Президії СЕВ були розпочаті роботи з теми „Створення промислових роботів для зварювального виробництва”, у рамках якої створювався промисловий робот для дугового зварювання плавненням у середовищі захисних газів. Провідною країною за темою був визначений Радянський Союз, головною організацією – Інститут електрозварювання ім. С.О. Патона АН УРСР. Розвитком робототехніки в СРСР займалися такі вчені, як І.І. Артоболевський, П.Н. Белянін, А.Є. Кобрінський, Ю.Г. Козирев, Є.І. Юревич і багато інших. В Україні практичною й теоретичною розробками промислових роботів займалися такі вчені, як М.М. Амосов, Г.О. Спину, В.І. Костюк, А.П. Гавриш, Л.С. Ямпольський та ін.

В 1971 р. почав систематично діяти Міжнародний симпозіум по промислових роботах (International Symposium of Industrial Robots) ISIR, що збирався щорічно в різних містах. У 1983 р. була створена Міжнародна федерація з робототехніки (International Federation of Robotics) IFR, що, разом з Європейською економічною комісією при ООН (United Nations Economic Commission for Europe) UNECE, стали збирати відомості про застосування промислових роботів у всіх країнах світу [12]. По відомостях IFR, в 2005 р. парк промислових роботів у всіх країнах світу досяг одного мільйона штук. IFR розробляє класифікацію промислових роботів і рекомендує найбільш вдалі конструкції.

Новий поштовх у розвитку промислової робототехніки дала поява роботів з паралельною кінематикою. Сама ідея механізмів з паралельною кінематикою була розроблена досить давно [13]. Однак застосувати таку кінематику в робототехніці вдалося тільки в 80-і роки ХХ століття. В СРСР вперше ідея роботів з паралельною кінематикою була опублікована в 1982 р. А.Ш. Коліскором [14]. Але перший робот з паралельною кінематикою Delta був створений в 1987 р. у Швейцарії за патентом професора Реймонда Клевела (Reymond Clavel) [15]. Після цього створюються й інші промислові роботи з паралельною кінематикою. Така конструкція виявилася настільки ефективною і точною, що на цій базі почали створювати й верстати з ЧПУ.

У цей час IFR визначає шість типів промислових роботів, залежно від компоновання: роботи прямокутного компоновання, циліндричні, сферичні, важільні або шарнірні, роботи типу SCARA і роботи з паралельною кінематикою. Всі ці роботи широко застосовуються в промисловості для виконання різних операцій [12].

Паралельно з розвитком промислової робототехніки почали розвиватися роботи з елементами штучного інтелекту. Ціль розроблювачів – створення роботів-партнерів людини. Ці роботи ведуться й дотепер.

Крім промислового застосування роботи використовувалися і в інших сферах життєдіяльності людини. В 1984 р. Джозеф Енгельбергер засновує Transition Robotics, пізніше перейменовану в HelpMate Robotics, що приступила до розробки роботів-помічників. В 1985 р. у США з'являється у продажу домашній робот RB5X. Його можна запрограмувати на мову, переміщення по кімнаті й виконання нескладних завдань по доставці предметів. Але застосування таких роботів було обмежено через недостатньо компактні системи управління. Тільки в 1989 р. з'явилися економічні й малогабаритні мікроконтролери PIC (Peripheral Interface Controller) від Microchip, які стали лідерами серед недорогих мікроконтролерів для вбудованого управління й контролю.

Поява аналогічних мікросхем послужила початком **п'ятого етапу** в розвитку робототехніки. Цей етап можна назвати початком ери загальної роботизації. Уже в середині 90-х років XX століття почали з'являтися роботи для виконання різноманітних допоміжних операцій у різних областях життєдіяльності людини. З кожним роком кількість таких роботів збільшувалася. Починаючи з 2000 р., у щорічних звітах IFR з'являється інформація про обслуговуючі роботи. У цей час кількість обслуговуючих роботів за даними IFR перевищила кількість промислових. Але у своїх звітах IFR не наводить класифікацію роботів, які застосовуються поза виробничою сферою. Всі такі роботи відносяться до обслуговуючих і називаються залежно від призначення того або іншого робота.

На сучасному етапі розвитку робототехніки доцільно ввести класифікацію всіх робототехнічних систем. Всі роботи, які існують на даному етапі, можна розділити на три основних класи:

- промислові роботи;
- обслуговуючі роботи;
- роботи спеціального призначення.

Такий поділ звукує коло завдань, які повинні вирішувати конкретні роботи. Так, промислові роботи призначені для роботи в умовах промислових підприємств на різних операціях. В основному вони виконують підйомно-транспортні операції, вимірювальні, технологічні й складальні. Обслуговуючі роботи призначені для полегшення праці людини в позапромисловій сфері. Їх можна розділити на допоміжні, медичні, роботи для помешкання й для розваги. Роботи спеціального призначення можуть працювати в умовах, де утруднена або неможлива присутність людини. До таких роботів можна віднести роботи для роботи в умовах радіоактивного, хімічного або бактеріологічного зараження, роботи для дослідження космосу, підводні роботи і роботи для військових потреб.

В останні роки почали розвиватися ще два напрямки в робототехніці – це мікророботи й нанороботи. Мікророботи вже існують, але поки проходять експериментальні дослідження. Розробка нанороботів тільки ведеться, й у цьому напрямку є тільки теоретичні розробки.

**Висновки.** В історії розвитку робототехніки можна виділити п'ять основних етапів. Початок кожного етапу відповідає певному рівню стану науки й техніки. Аналіз цих етапів показує, що поява й розвиток робототехніки обумовлені бажанням людини звільнити себе від важкої і некваліфікованої праці. Робототехніка зараз є найбільш перспективним напрямком у науці й техніці і її розвиток буде йти усе швидше й швидше. Можна чекати у найближчі роки створення нових робототехнічних систем, які будуть застосовуватися там, де ще використовується тільки праця людини.

Розглядаючи існуючі напрямки застосування роботів, можна констатувати, що різні за своїм призначенням роботи не можуть і не повинні мати однаковий рівень систем управління. Говорячи про сьогодення й майбутнє робототехніки, не можна не зосередити увагу на двох принципах управління роботами – по-перше, дистанційне управління й, по-друге, автономне управління від вбудованої мікроЕОМ. Другий вид управління вимагає розробки поліпшеного штучного інтелекту й математичного забезпечення. Цей напрямок є зараз одним із пріоритетних напрямків розвитку робототехніки. Розробка штучного інтелекту не виключає подальший розвиток і дистанційного управління. Еволюція функцій людини в управлінні роботами буде розвиватися від ручного управління до інтелектуального на рівні мовного діалогу й постановки завдань технічному партнерові.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Марш П., Александер И., Барнетт П. и др. Не счастье у работа профессий: Пер. с англ./Под ред. В.С. Гурфинкеля. – М.: Мир, 1987. – 182 с.: ил.
2. Накано Э. Введение в робототехнику: Пер. с япон. – М.: Мир, 1988. – 334 с.: ил.
3. Юревич Е.И. Основы робототехники. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 416 с.: ил.

4. Yan, Y.S., and Lin, T.Y. A systematic approach to the reconstruction of ancient Chinese escapement regulators. Proceedings of the 2002 ASME Design Technical Conferences. September 29 – October 2, 2002. / [www.techno.edu.ru/](http://www.techno.edu.ru/)
5. Zelinska T. Historical study of machines imitating living creatures motion. Department of power and mechanical engineering, Warsaw university of Technology, Warsaw, Poland. /[www.techno.edu.ru/](http://www.techno.edu.ru/)
6. [http://myrobot.ru/articles/hist\\_2006.php](http://myrobot.ru/articles/hist_2006.php)
7. [www.thocp.net/reference/robotics/robotics.html](http://www.thocp.net/reference/robotics/robotics.html)
8. [www.anthrobot.com/press/article\\_leo\\_programmable.html](http://www.anthrobot.com/press/article_leo_programmable.html)
9. Болховитинов В.Н., Буянов А.Ф., Захарченко В.Д., Остроумов Г.Н. Рассказы из истории русской науки и техники /Под общ. ред. В. Орлова/. – ЦК ВЛКСМ «Молодая гвардия», 1957. – 590 с.: ил.
10. Патент США № 2,988,237.
11. [www.ibotz.com/html/CustSuptHistory.html](http://www.ibotz.com/html/CustSuptHistory.html)
12. [www.ifr.org](http://www.ifr.org)
13. [www.parallemic.org/Reviews/Review007.html](http://www.parallemic.org/Reviews/Review007.html)
14. Колискор А.ИИ. Разработка и исследование промышленных роботов на основе l-координат //Станки и инструмент. – 1982. – № 12. – С. 21–24.
15. [http://fr.wikipedia.org/wiki/Robot\\_Delta](http://fr.wikipedia.org/wiki/Robot_Delta)

СТРУТИНСЬКИЙ Василь Борисович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри конструювання верстатів та машин Національного технічного університету України „Київський політехнічний інститут”.

Наукові інтереси:  
– мехатроніка.

ЮМАШЕВ Володимир Євгенович – кандидат технічних наук, доцент кафедри технології машинобудування і конструювання технічних систем Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:  
– робототехніка.

КРАВЕЦЬ Олександр Михайлович – кандидат технічних наук, доцент кафедри конструювання верстатів та машин Національного технічного університету України „Київський політехнічний інститут”.

Наукові інтереси:  
– математичне моделювання.

Подано 12.09.2007