

## ЗМІСТ

УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ Й СКОРОЧЕННЯ.....	3
ЗМІСТ.....	9
ВСТУП.....	13
ВВЕДЕННЯ В РОБОТОТЕХНІКУ.....	17
Розділ 1. ІСТОРІЯ РОБОТОТЕХНІКИ.....	17
1.1. Стародавня історія винаходу роботів.....	17
1.2. Коротка історія військових роботів.....	21
1.3. DARPA.....	33
Перелік питань до розділу 1.....	35
Розділ 2. ОСНОВНІ ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ.....	37
2.1. Основні терміни.....	37
2.2. Покоління роботів.....	40
2.3. Типи роботів та їх класифікація.....	43
2.4. Сучасні тенденції розвитку військових (спеціальних) робототехнічних комплексів.....	49
Перелік питань до розділу 2.....	52
Розділ 3. ОГЛЯД СУЧАСНИХ ВІЙСЬКОВИХ (СПЕЦІАЛЬНИХ) РОБОТОТЕХНІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ.....	53
3.1. Наземні робототехнічні системи.....	53
3.2. Повітряні робототехнічні системи .....	87
3.3. Водні (морські) робототехнічні системи.....	119
3.4. Роботи спеціального призначення.....	131
3.5. Роботи партизанського руху.....	135
Перелік питань до розділу 3.....	139
Розділ 4. ОСНОВНІ СКЛАДОВІ ЧАСТИНИ РОБОТА.....	141
4.1. Структурна схема робота.....	143
4.2. Самоорганізація в роботах.....	155
Перелік питань до розділу 4.....	159
Розділ 5. АЛГОРИТМИ АВТОНОМНОСТІ РТС .....	161
5.1. Поняття алгоритму та програми.....	162
5.2. Принципи побудови алгоритму.....	166
5.3. Тенденція розвитку планування маршрутів РТС.....	170
5.4. Планування шляху для координації та співпраці кількох роботів.....	187
Перелік питань до розділу 5.....	188
Розділ 6. КЕРУЮЧІ КОНТРОЛЕРИ.....	189

6.1. Особливості керуючих контролерів для різних видів роботів.....	189
Перелік питань до розділу 6.....	208
Розділ 7. ІНФОРМАЦІЙНО-ДІАГНОСТИЧНА СИСТЕМА РТК.....	209
7.1. Особливості інформаційно- діагностичних систем військових роботів.....	214
7.2. Датчики інформаційно-діагностичних систем РТК.....	216
7.3. LIDAR.....	236
Перелік питань до розділу 7.....	250
Розділ 8. НАВІГАЦІЙНІ СИСТЕМИ З СКАНУВАННЯМ ПРОСТОРУ.....	251
8.1. Навігаційні системи з скануванням простору.....	251
8.2. Інерційна система навігації.....	254
Перелік питань до розділу 8.....	293
Розділ 9. СИСТЕМА ПЕРЕСУВАННЯ РОБОТІВ.....	295
9.1. Загальні відомості щодо принципів пересування НРС.....	295
9.2. Математична модель руху наземних РТК.....	300
9.3. Математична модель шасі робота балансира.....	306
9.4. Математична модель шасі стрибаючого робота.....	308
Перелік питань до розділу 9.....	313
Розділ 10. СИСТЕМА ЗВ'ЯЗКУ.....	315
10.1. Системи зв'язку.....	315
10.2. Радіоканали, види їх використання.....	320
10.3. Канал зв'язку 802.11 Wireless LAN.....	324
10.4. Канал зв'язку 802.15 Bluetooth.....	331
10.5. Оптичні канали зв'язку й передачі даних.....	338
Перелік питань до розділу 10.....	345
Розділ 11. СИСТЕМА ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ.....	347
11.1. Визначення систем живлення роботів.....	347
11.2. Види систем живлення.....	348
11.3. Вимоги до систем живлення роботів.....	351
11.4. Джерела живлення.....	352
11.5. Електронний стабілізатор.....	355
11.6. Завади у схемах.....	361
11.7. Роздільне живлення.....	364
11.8. Шляхи зниження енергоспоживання.....	369
11.9. Принцип роботи StepUp та StepDown перетворювачів.....	374

---

11.10. Переваги та недоліки деяких типів систем живлення.	376
11.11. Інновації в галузі систем живлення роботів.....	378
Перелік питань до розділу 11.....	380
Розділ 12. МЕХАНІКА РОБОТА.....	381
12.1. Основні поняття й визначення.....	381
12.2. Терміни, прийняті для мехатронної машини.....	395
12.3. Кінематика механізмів роботів.....	401
12.4. Сили та моменти, що діють у механізмах.....	414
12.5. Динамічна модель механізму робота.....	418
12.6. Похибка позиціювання робота.....	421
Перелік питань до розділу 12.....	432
Розділ13. НАДІЙНІСТЬ РОБОТІВ.....	433
13.1. Загальні поняття в теорії надійності.....	434
13.2. Відмова об'єкта. Класифікація.....	437
13.3. Основні фактори, що впливають на надійність об'єкту.	439
13.4. Основні елементи РТК та структура їх відмов.....	441
13.5. Основні показники надійності об'єктів,що не резервуються.....	443
13.6. Показники надійності елементів автоматичних систем орієнтації, навігації, стабілізації.....	456
Перелік питань до розділу 13.....	473
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ ТА ДЖЕРЕЛА.....	475
ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК.....	491

## СЛОВА ПОДЯКИ

*Автор висловлює величезну подяку всім Побратимам та Посестрам, всім Героям Сил Оборони України, що потужною стіною захищають нашу рідну Україну від окупанта!*

*Дякую всьому колективу кафедри Спеціальних інформаційних систем та робототехнічних комплексів, Військового інституту телекомунікації та інформатизації імені Героїв Крут, військовим та цивільним колегам та друзям за всесторонню допомогу в написанні цього посібника.*

*Окремо хочу висловити слова подяки моїй дружині Тетяні, за величезну працю літературного редактора під час підготовки книги, та всебічної підтримки мене особисто на всьому шляху твердості.*

*Дякую всім хто виявив бажання опанувати важливу і важку справу Військової робототехніки!*

*З повагою Андрій Бернацький.*

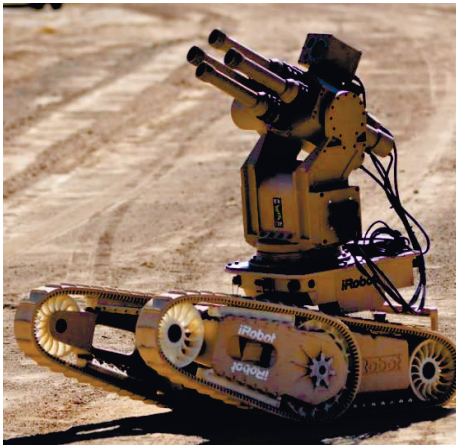
*Слава Україні!*

*Героям Слава!*

## ВСТУП

Що найперше малює наша уява, коли чуємо слово «робот»? У когось відразу згадуються кадри з фільму «Термінатор», коли Т-800 каже: «мені потрібен твій одяг!» [72], а хтось згадує робота «Wall-E», який рятує планету [172]. Розуміючи що події яки ми бачимо в кіно, читаємо в книгах є фантастикою, ми можемо з впевненістю сказати, що майбутнє вже настало. Ви постійно стикаєтеся з роботами в повсякденному житті, навіть користуєтеся ними, не звертаючи на це уваги. Хоча в реальності технології поки тільки в процесі свого становлення, але вже є приклад того, що робот зі штучним інтелектом, пообіцяв знищити людство.

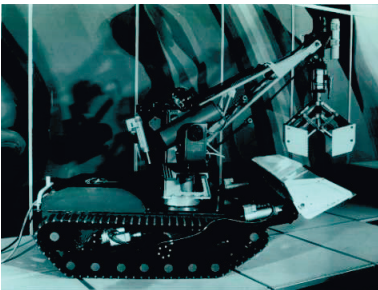
Швидкоплинність сучасного бою, глобальне поширення використання надточної зброї ураження, дороговартнісна підготовка висококваліфікованих фахівців і безцінність



людського життя, вимагають від сучасного військового, опанування знань технічних і технологічних інновацій в галузі будови сучасних комплексів військового озброєння, а також вміння їх використовувати на практиці. Саме одним з таких інноваційних

напрямків є «Військова і спеціальна робототехніка». Величезне поширення отримують автономні бойові й спеціальні системи, призначені для роботи в умовах підвищеної складності для людей у військових цілях, наприклад розвідка, ведення бойових дій, оборонного і наступального характеру та вогневої підтримки,

розмінування, евакуації поранених з поля бою, логістичного забезпечення та інше.

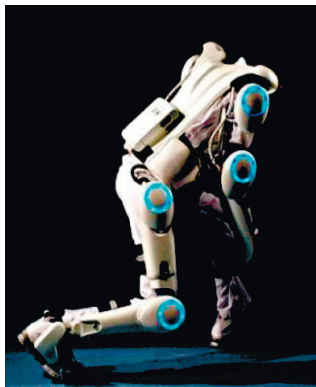


Такі системи знаходять застосування у всіх структурних підрозділах збройних сил, видах і родах військ.

У наш час, завдяки економічному і технологічному прогресу в Збройних силах України з'являються новітні електронні системи, роботизовані вантажні платформи, екзоскелети, мікроскопічні шпигуни, безпілотні військові транспортні засоби. Всі ці автоматичні пристрої поступово доповнюють або витісняють людину в повсякденному житті та бойових ситуаціях.

Фахівці, які могли б не тільки експлуатувати, а також й розробляти подібні системи, стають необхідністю сучасних Збройних сил України. Галузь застосування роботів дуже широка, тому зростає популярність робототехніки.

Побудова роботів може здатися дуже складним процесом, що складається з великої кількості різноманітних датчиків, модулів, контролерів, дротів, різних деталей, систем живлення то що. При розробці таких систем від фахівця потрібні знання й навички в різних галузях науки, зокрема в мікроелектроніці, фізиці, мікроконтролерних системах, алгоритмах і програмуванні.



Інтерес до вивчення дисципліни «Основи робототехніки військового призначення» підкріплюється також великою кількістю семінарських і практично-лабораторних занять.



При цьому в слухачів на практиці є можливість побудувати моделі робототехнічних систем, які відповідають вимогам міжнародних олімпіад з робототехніки та провести змагання з робототехніки між командами Вишу. Такі змагання проводять в різних категоріях. В класичних категоріях можна виділити наступні: «Sumo», «Robo-Race», «Follow-Line», але для найбільш «божевільних винахідників» є окрема категорія змагань – «Вільна думка» [203]. Ця категорія є творчий напрямок, де винахідник може дати політ фантазії і з'єднати не поєднуване.

Бачимо що, робототехніка популярна в світі, завдяки своїй значущості. Вивчення цієї дисципліни прищеплює інтерес до техніки, інженерної справи і розвиває технічне мислення.

Якщо ви готові отримати відповіді на питання, такі як: Що можна вважати роботом? Яка відмінність між ними? З чого вони побудовані, та багато інших відповідей. Готові створити та побудувати власного «бійця», Ласкаво просимо до дослідження та вивчення дисципліни «Основи робототехніки військового призначення».

Бажаємо Натхення та Перемоги!  
Автор і Колектив Кафедри.





## **ВВЕДЕННЯ В РОБОТОТЕХНІКУ**

**Робототехніка** – це прикладна наука, що займається розробкою автоматизованих технічних систем і є найважливішою технічною основою розвитку суспільства й виробництва [98].

Робототехніка спирається на такі дисципліни, як електроніка, механіка, кібернетика, телемеханіка, мехатроніка, інформатика, а також радіотехніка і електротехніка.

В сучасному світі виділяють будівельну, промислову, побутову, медичну, авіаційну та екстремальну (військову, космічну, підводну) робототехніку.

Це видання має допомогти опанувати робототехніку екстремальну, зокрема військову.

### **Розділ 1. ІСТОРІЯ РОБОТОТЕХНІКИ**

#### **1.1. Стародавня історія винаходу роботів.**

Людина здавна хотіла створити собі помічника, подібного до себе, схожого на себе, спроможного виконувати важку роботу або вести військові дії.

Перші відомості про існування роботів зустрічаються, ще у VIII—VII столітті до н.е. у легендах Стародавньої Греції [19]: таємниця мідного велетня, позолочених дівчат і залізних триніжків бога вогню Гефеста. У Стародавній Греції, наймогутніший бог Зевс, наказав Гефесту зробити механічного велетня, який охороняв би острів. Це був незламний мідний Талас. У нього було тільки одне вразливе місце - мідний цвях в носі, що "замикає" єдину жилу, якою тік розплавлений свинець (Рис.1.1). Бойовий робот, створений Гефестом, міг не надто багато, але виконував своє завдання дуже ефективно. Протягом довгого часу Талас, якого Зевс подарував Міносу, обходив острів, криками і камінням успішно відганяючи від берега чужинців (чужі кораблі).

Давньогрецький поет Гомер описує в поемі Іліада [91], загадкових золотих дів, створених Гефестом. "Назустріч йому золоті служниці підбігли вмить, дівам живим подібні, розум, і голос, і сила у яких вкладений в грудях. Різноманітну роботу виконувати навчили їх безсмертні боги". ("Іліада", XVIII.418).



Рис.1.1. Хитра чарівниця Медея знищує андроїда-охоронця на ім'я Талос. Ілюстрація [107] до давньогрецького міфу «Аргонавти»

Маємо спогади у скандинавській міфології [65] про глиняного гіганта Мёккуркальві, що був створений трелем. Також зустрічаємо прототипи роботам у єврейській легенді Голем, у давньогрецькому міфі про Пігмаліона.

Китайський філософ Ляо-цзи (老子) [12], згадував у своїх творах механічну людину, розроблену спеціально для потіхи імператора. Доречі, за легендою філософ Лао-цзи самозародився у 14 чи 7 ст. до н. е., створивши тіло власної матері - «нефритової діви», проникнувши в її лоно у вигляді

сонячної енергії, акумульованої у п'ятибарвній перлині, пробувши там 81 рік.

Задовго до давньогрецьких і китайських творінь зустрічаються описи про єгипетських жреців, створивших статую [35], що вказувала перстом на спадкоємця фараона під час церемоній.

У 5 ст. до н.е., винахідник Архіт Тарентський створив дерев'яного голуба, якого відправляла в небо парова катапульта [196]. Інженер Філон Візантійський у своїх працях згадував про механічну прислугу [169], яка наливала з глечика вино. Давньогрецький математик, фізик, інженер, винахідник та астроном Архімед Сиракузький в 212 р. до н.е., за допомогою свого пристрою «кіготь» знищив чимало ворожого флоту при обороні м. Сиракузи [158]. Винахід являв собою прикріплену на стіні балку, що чіпляла гаком кораблі та піднімала їх в повітря, струшуючи за борт екіпаж.

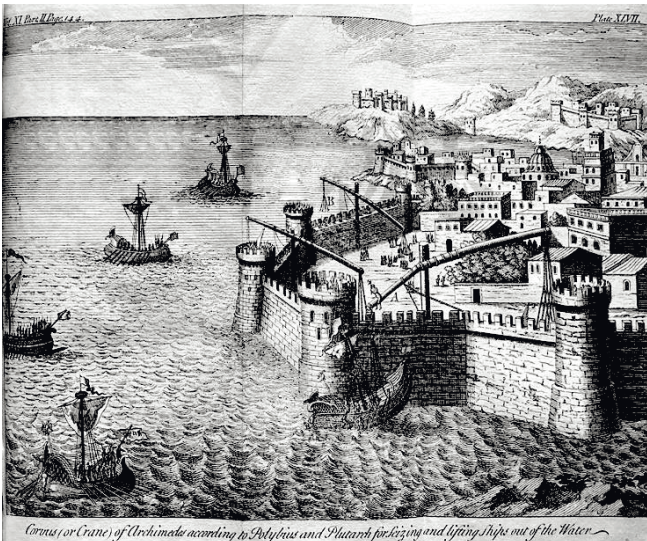


Рис. 1.2. Ілюстрація [158] «Кіготь Архімеда» з книги-дослідження Чарльза Ролліна «Стародавня історія: ілюстроване дослідження військового мистецтва в Стародавній Греції та Римі» 1737 р.

Сучасна історія роботів отримала свій розвиток після закінчення другої світової війни. США починає глобальну розробку роботів, а лідером в їх виробництві стала Японія.

Сьогодні робототехніка - один з навчальних предметів початкової школи. Його популярність тільки зростає з кожним черговим етапом розвитку науки та техніки. Велике розповсюдження отримали електронні набори конструктора LEGO для побудови роботів, зокрема роботи-собаки, роботи-обнімашки, роботи-співрозмовники, роботи-немовлята, роботи-медики та ін. Сучасні роботи вміють малювати, виконують дослідження космосу, планет і супутників сонячної системи таких як Місяць і Марс, танцюють, грають у футбол, прибирають у будинку, володіють усіма людськими емоціями.

Людство починає боятися свого творіння. Фантасти лякають людство знищенням. Майже сторіччя тому Айзек Азімов сформулював відомі всьому світу три закони робототехніки [60] для охорони людства, які зараз стали постулатом:

- Робот не може заподіяти шкоду людині або своєю бездіяльністю дозволити, щоб людині було заподіяно шкоду;
- Робот повинен підкорятися наказам людини, за винятком тих наказів, які суперечать першому закону;
- Робот повинен захищати самого себе, якщо тільки його дії не суперечать першому і другому законам.

Королівське товариство та Британська академія опублікували спільну доповідь [193], у якій пропонують три закони скоротити до одного.

Системи штучного інтелекту, з якими ми вже зовсім скоро співіснуватимемо, повинні керуватися одним-єдиним принципом:

**"Поліпшувати добробут людини".**

Роботеса Софія, яка є розробкою гонконгської компанії Hanston Robotics, та наділена технологіями штучного інтелекту на запитання свого творця Девіда Хансона: - «Чи хоче вона знищити людство? Будь ласка, скажи ні».

Відповіла: - «Добре, я знищу людство, якщо ти бажаєшь».



Рис.1.3. Виступ роботеси Софії, на заході «Інвестиційна ініціатива майбутнього», 2017 [58].

В жовтні 2017 року, роботеса Софія отримала підданство королівства Саудівська Аравія. Про що сама оголосила виступаючи на заході «Інвестиційна ініціатива майбутнього» (Future Investment Initiative) [58].

Сучасна людина розуміє, що механізми стають компактніші, досконаліші, розумнішими і головне - *небезпечнішими*.

### 1.2. Коротка історія військових роботів

Дистанційно керовані й автономні (безпілотні) робототехнічні військові системи, вже багато років використовуються збройними силами всього світу. Значення їхнього використання для військових потреб збільшується з експоненціальною залежністю. Сьогодні ці системи можна

знайти, при виконанні різних бойових завдань: робот може замінити людину в бойових ситуаціях для збереження життя або для роботи в умовах підвищеної складності для людей, наприклад розвідка, ведення вогневої підтримки, розмінування, евакуація поранених з поля бою, логістичного забезпечення та інше.



Рис.1.4. Футуристична картина симбіозу роботів сучасності з технологіями минулого (Rozalski J. «1920 - before the storm»).

Автономні військові системи стали невід'ємною частиною будь-якої сучасної армії. Багато футуристів вважає, що найближчим часом ми побачимо повністю автоматизовані автономні системи летального впливу, що зробить роль солдата-людини потенційно застарілим.

Автономні робототехнічні системи для військових, які іноді також називають автономними роботами або безпілотниками UVS (Unmanned Vehicles Systems) з дистанційним керуванням, мають дивовижну, довгу та цікаву історію. Незважаючи що UVS стали надзвичайно відомими в останні роки, вперше вони використовувалися ще під час першої й другої світових війн та в часи холодної війни, що слідувала за ними.