

М.И. Баранов

## АНТОЛОГИЯ ВЫДАЮЩИХСЯ ДОСТИЖЕНИЙ В НАУКЕ И ТЕХНИКЕ. ЧАСТЬ 21: ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И РОБОТОТЕХНИКА

*Наведено короткий нарис з всесвітньої історії винаходу роботів різного призначення і розвитку сучасної робототехніки.*

*Приведен краткий очерк из всемирной истории изобретения роботов различного назначения и развития современной робототехники.*

### ВВЕДЕНИЕ

В исследовании процессов обратной связи той или иной системы (того или иного объекта) и окружающей среды и заключаются методы *кибернетики* – науки об общих закономерностях процессов управления и передачи информации в разных системах, включающих машины, живые организмы и общество (социум) [1]. В [2] автором были описаны вкратце основные этапы зарождения в мире и достижения кибернетики, ставшей основой для появления такого нового научно-технического направления как *робототехника*. Оказывается, что еще древнегреческий мыслитель Платон пользовался термином "кибернетика" в исследованиях самоуправления человеческого общества [1]. В 1834 году великий французский физик Андре Мари Ампер (рис. 1) использовал понятие "*cybernétique*" в современном значении этого слова для обозначения науки управления в разработанной им системе классификации человеческих знаний [1].



Рис. 1. Великий французский ученый-физик Андре Мари Ампер (1775-1836 гг.), использовавший науку кибернетику в разработанной им классификации научных знаний [1]

Прежде чем рассматривать нам такое направление человеческой деятельности как робототехнику и наиболее значимые достижения в ней остановимся на некоторых особенностях становления кибернетики в бывшем СССР. Развитие кибернетики в СССР было начато в 1940-х годах [3]. 29 июня 1948 года вышло Постановление Совета Министров СССР № 2369 "Об организации Института точной механики и вычислительной техники АН СССР" [2]. Укажем, что в советских вузах в период 1940-1950-х годов кибернетика преподавалась как учебный курс "Теория автоматического управления". Тогда же в средствах массовой информации активно муссировалось определение кибернетики как "*буржуазной реакционной лженау-*

*ки*" [3]. Хотя одновременно при этом, необходимость развития отечественной вычислительной техники критиками кибернетики не отрицалась. В 1956 году в СССР была опубликована научная монография известного российского ученого-электронщика А.И. Китова "Электронные цифровые машины", послужившая определенным информационным толчком к популяризации данного научного направления в широких кругах специалистов из различных областей науки и техники. В свое время "главный кибернетик" нашей страны, академик АН СССР Виктор Михайлович Глушков (1923-1982 гг.) подчеркивал, что своё первое знакомство с компьютерами он осуществлял именно по указанной выше книге А.И. Китова [3, 4]. В 1960-е годы А.И. Китов, служивший в Вооруженных силах СССР, пытался убедить руководство советской страны в создании общегосударственной компьютерной сети (Единой государственной сети вычислительных центров) для управления народным хозяйством и одновременно для решения военных задач оборонного характера. Эти его мотивированные попытки, подкрепленные необходимыми технико-экономическими расчетами и разработанной документацией, оказались безуспешными. Мало того, за свою настойчивость в продвижении этого важного стратегического вопроса он был исключен из партии и уволен из рядов Вооруженных сил СССР [3]. Вот такой бывает благодарность зашоренных политических деятелей за активную постановку перед ними актуальных научно-технических задач общегосударственного значения. В ноябре 1962 года перед академиком АН СССР В.М. Глушковым и его Институтом точной механики и вычислительной техники АН СССР была поставлена задача по созданию Общегосударственной автоматизированной системы управления (ОГАСУ) советской экономикой [3]. Главными задачами ОГАСУ являлись сбор и обработка экономической информации со всех предприятий на территории СССР. Здесь следует напомнить читателю, что на Западе первая компьютерная сеть заработала лишь в 1965 году [3]. К середине 1964 года в рамках ОГАСУ был разработан эскизный проект "Единой государственной сети вычислительных центров" (проект В.М. Глушкова в отличие от проекта А.И. Китова рассматривал только гражданское хозяйство), который включал в себя 100 центров в крупных промышленных городах и экономических центрах страны, объединенных широкополосными каналами связи [3]. При этом научный руководитель данного проекта

© М.И. Баранов

академик АН СССР В.М. Глушков считал, что его практическая реализация затянется на три-четыре пятилетки, а стоимость такой компьютерной сети для госбюджета составит больше стоимостей Атомного (создание атомной бомбы [5]) и Космического (запуск человека в космос [6]) проектов СССР вместе взятых. В 1965 году указанный проект В.М. Глушкова, направленный на создание в нашей стране огромной сети вычислительных центров, был отклонен правительством СССР, так как он был сочтён слишком дорогим. Отметим, что в дальнейшем в СССР были реализованы менее масштабные, чем ОГАСУ системы управления. Например, автоматическая система управления предприятиями (АСУП), автоматическая система управления технологическими процессами (АСУТП) и информационные системы банков [3]. В течение последних 30 лет кибернетика в соответствии с [1] прошла через свои взлёты и падения. Со временем она становилась всё более значимой в области изучения искусственного интеллекта и машинных интерфейсов, включая **роботов** (киборгов). Кстати, указанный нами выше термин "интерфейс" происходит от английского слова "interface" – "механическое или программное средство, обеспечивающее связь программ внутри компьютера или диалог между компьютером и человеком (пользователем)" [7]. Что касается понятия "робот", то оно получило свое название от чешского слова "robot" – "техническое устройство с антропоморфным (человекоподобным) действием, которое частично или полностью заменяет человека при выполнении однотипных работ в трудных и опасных для жизни условиях" [7-9].

## 1. ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ

Высокий уровень абстракции при рассмотрении кибернетических систем, служащих базовым понятием в классической кибернетике, позволяет находить с ее (этой науки) помощью общие методы подхода к изучению систем качественно различной природы (например, технических, биологических и даже социальных). Заметим, что абстрактная кибернетическая система представляет собой множество взаимосвязанных объектов, называемых элементами системы, которые способны воспринимать, запоминать и перерабатывать информацию, а также обмениваться этой информацией. Наглядными примерами кибернетических систем могут служить различного рода автоматические регуляторы в технике (например, автопилот самолета или автоматический регулятор, обеспечивающий поддержание постоянной температуры в помещении), электронные вычислительные машины (ЭВМ), человеческий мозг, биологические популяции и человеческое общество [8]. К кибернетическим системам относятся и создаваемые человеком технические системы (сложные устройства) с искусственным интеллектом, способные моделировать некоторые стороны интеллектуальной деятельности человека. Заметим, что термин "интеллект" происходит от латинского слова "intellectus" – "ум", обозначающего "разумную мыслительную способность того или иного физического объекта" [7, 10]. **Искусственный интеллект** (artificial intelligence) – это наука и тех-

нология создания интеллектуальных машин, особенно интеллектуальных компьютерных программ [10]. Она (эта наука и технология) связана со сходной задачей использования **компьютеров** (ЭВМ) для понимания человеческого интеллекта. При этом она не ограничивается правдоподобными биологическими методами. Учитывая возникшие трудности при определении, прежде всего, математиками-программистами вычислительных процедур интеллектуальными, в настоящее время под искусственным интеллектом в пределах рассматриваемой науки и технологии понимается только вычислительная составляющая способности достигать целей в окружающем мире [10]. Для объективности заметим, что сейчас в науке существует и такая точка зрения, согласно которой интеллект может быть только биологическим феноменом [10]. История искусственного интеллекта как нового научного направления начинается с середины 20-го века. Именно с того времени, когда [10]: а) нейрофизиологи и психологи разработали ряд теорий относительно работы человеческого мозга и процесса мышления; б) математики стали задаваться вопросами оптимальных расчётов и представления научных знаний о мире в формализованном виде; в) зародился фундамент математической теории вычислений – теории алгоритмов; г) были созданы первые компьютеры. В 1950 году один из пионеров в области вычислительной техники, известный английский учёный Алан Тьюринг, опубликовал свою популярную статью "Может ли машина мыслить?" [10]. В ней он описал эмпирическую процедуру, с помощью которой можно было определить момент, когда вычислительная машина (компьютер) сравнивается в плане разумности с человеком. У специалистов эта интеллектуальная процедура получила название "теста Тьюринга" (рис. 2).



Рис. 2. Схематическое изображение "теста Тьюринга" [10]

Стандартная интерпретация этого теста может быть охарактеризована следующим образом [10]: "Человек взаимодействует с одним компьютером и одним человеком. Участники теста не видят друг друга. На основании ответов на вопросы тестируемый человек должен определить, с кем он разговаривает: с человеком или компьютерной программой. Задача компьютерной программы – ввести тестируемого человека в заблуждение, заставив сделать им неверный выбор". Согласно "тесту Тьюринга" вычислительная машина станет разумной тогда, когда будет способна поддерживать с обычным человеком разговор, при котором тот не сможет понять, что говорит с машиной. Проблематика машинного обучения касается процесса самостоятельного получения знаний ин-

теллектуальной технической системой в процессе её работы. Это направление в искусственном интеллекте является центральным с самого начала его развития. В настоящее время в рамках искусственного интеллекта ставятся и решаются задачи аппаратного или программного моделирования тех видов человеческой деятельности, которые традиционно считаются интеллектуальными. При этом в основе разумных машин находятся интеллектуальные системы, способные выполнять творческие функции, которые традиционно считаются прерогативой человека. Отметим, что интеллектуальная система – это техническая или программная система, умеющая решать задачи, традиционно считающиеся творческими и принадлежащие конкретным предметным областям, знания о которых хранятся в машинной памяти такой системы. Каждая интеллектуальная система машины включает в себя три основных блока – базу знаний, решатель и интеллектуальный интерфейс [10]. В СССР до 1970-х годов все исследования по искусственному интеллекту проводились в рамках кибернетики. Считается, что с конца этого временного периода на свет появилась новая наука – **информатика**, подчинившая себе целиком ее прародительницу – кибернетику. Именно тогда искусственный интеллект и стал одним из разделов информатики. В заключение укажем, что наука под названием "Искусственный интеллект" входит в комплекс компьютерных наук, а создаваемые на её основе технологии к информационным технологиям. Основной задачей этой науки является воссоздание с помощью вычислительных систем и иных искусственных устройств разумных рассуждений и действий.

## 2. КРАТКАЯ ИСТОРИЯ РОБОТОТЕХНИКИ

Искусственный интеллект тесно связан с **робототехникой**, являющейся прикладной наукой, занимающейся разработкой автоматизированных технических систем [9]. Она опирается на такие дисциплины как кибернетика (информатика), электроника, механика и программирование. В настоящее время выделяют строительную, промышленную, бытовую, специальную или экстремальную (военную, космическую и подводную) робототехнику [9]. Несмотря на то, что многие столетия тому назад люди не знали указанных нами выше научных дисциплин, история робототехники своими разработками исчисляется не одним тысячелетием. Например, Архиту Тарентскому приписывают создание механического голубя еще в 400 году до н. э. [9]. Известно, что первый чертёж человекоподобного робота сделал еще великий итальянский мыслитель-изобретатель и художник Леонардо да Винчи (1452-1519 гг.) [11]. Он в 1495 году представил детальный макет механического рыцаря, способного сидеть, двигать руками и головой, а также поднимать свое забрало. В 1738 году французский механик-изобретатель Жак де Вокансон создал первое работающее человекоподобное устройство, которое играло на флейте [11]. В 1896 году великий хорватско-американский электротехник-изобретатель Никола Тесла (1856-1943 гг.) разработал конструкцию и продемонстрировал работу удаленного от береговой зоны до 25 морских миль радиоуправляемого судна. Этими

работами он заложил основы такого нового научно-технического направления как радиотелемеханика [12]. В 1933 году в Великобритании был разработан первый беспилотный радиоуправляемый летательный аппарат многократного использования "Queen Bee" [9]. В СССР в 1940 году был создан первый телеуправляемый боевой танк типа ТТ-26. В ходе участия этих танков в боевых действиях на советско-финском фронте была обнаружена их неустойчивость к электромагнитным помехам, создаваемым высоковольтными линиями электропередачи [13]. Английский изобретатель У.Г. Уолтер был одним из первых, кто разработал и построил в 20-ом веке автономные роботы в помощь ученым по исследованию поведения животных [1]. На рис. 3 показаны боевые немецкие роботы-мины на гусеничном ходу, применявшиеся сухопутными подразделениями в ходе военных действий на полях сражений Второй мировой войны [9, 13].



Рис. 3. Британские военные у немецких самоходных мин "Голиаф" периода Второй мировой войны (1945 год) [9, 13]

Управляемые по электропроводным линиям немецкие роботы-мины "Голиаф" имели малую скорость (до 9,5 км/ч) и слабую броню (толщиной до 10 мм) [13]. Поэтому они не нашли широкого применения. "Холодная война" внесла новый виток в развитие боевых машин-роботов. У противоборствующих сторон появились интеллектуальные роботы, способные анализировать, видеть, слышать, чувствовать, различать некоторые химические вещества и автономно производить радиационно-химические анализы воздуха, воды и почвы. В 1948 году в США был создан разведывательный беспилотный летательный аппарат AQM-34 [13]. В 1959 году в советском конструкторском бюро им. Лавочкина был разработан беспилотный самолёт-разведчик Ла-17Р [13]. В 1970-е годы в ходе Вьетнамской войны военно-воздушные силы США активно использовали беспилотные летательные аппараты "Файрби" и "Лайтнинг Баг". В марте 1971 года военно-промышленная комиссия при Совете Министров СССР приняла решение о развитии беспилотного самолётостроения [13]. В 1979 году в Московском техническом училище (ныне университете) им. Н.Э. Баумана был создан аппарат для обезвреживания взрывоопасных предметов – сверхлёгкий мобильный робот МРК-01 [13]. В 1996 году в России прошли испытания принципиально нового боевого танка, способного полностью работать в автономном режиме без экипажа на борту [13]. В 2000 году в России (Чечня) был успешно применён робот-разведчик

"Вася" для обнаружения и обезвреживания радиоактивных веществ [13]. В 2005 году военно-морской флот России в Балтийском море успешно провел испытания подводного робота-разведчика "Гном" [13]. В 2007 году специалисты МВД России успешно провели в г. Перми натурные испытания тестового робота-милиционера Р-БОТ 001. В настоящее время многие страны мира увеличивают свои финансовые инвестиции в разработку новых технологий применительно к области робототехники. Так, по данным военного ведомства США – Пентагона на долгосрочную программу периода 2007-2013 годов по разработке подобных робототехнических устройств (рис. 4) до 2010 года было выделено уже 4 миллиарда долларов [13].



Рис. 4. Учебные испытания разрабатываемого США нового военного робота-транспортника BigDog (2010 год) [13]

На рис. 5 и 6 представлены высокотехнологические элементы приводов современных роботов [9, 11].



Рис. 5. Искусственная рука современного робота, мягко держащая своими механическими управляемыми пальцами обычную электрическую лампочку накаливания [9]

Данные рис. 5 и 6 свидетельствуют о значительном продвижении современной робототехники в создании механических приводов или "мышц" роботов. Самыми популярными двигателями в их приводах являются электрические, но применяются и движители, использующие химические вещества или сжатый воздух. В настоящий момент большинство роботов используют электродвигатели постоянного тока (например, шаговые двигатели и пьезодвигатели) [9, 13].



Рис. 6. Искусственная нога современного робота, работающая в управляемом режиме на воздушных "мышцах" [9]

Укажем, что в настоящее время классифицируют следующие основные типы роботов [9]: а) андроиды; б) промышленные роботы; в) боевые роботы; г) бытовые роботы. На кратком описании свойств, технических возможностей и областей применения данных типов роботов мы и остановимся в дальнейшем.

### 3. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ РОБОТОТЕХНИКА

**Андроиды** – это человекоподобные роботы [10, 11]. С понятием андроида соприкасается значение термина "**киборг**", переводящееся как "**кибернетический организм**". На рис. 7 приведен внешний вид современного андроида ASIMO, созданного корпорацией Хонда (Центр фундаментальных технических исследований Вако, Япония) [11]. На рис. 8 показан робот "Актороид" [11], продемонстрированный публике японскими специалистами на международной выставке World Expo, проходившей в 2007 году в Японии.

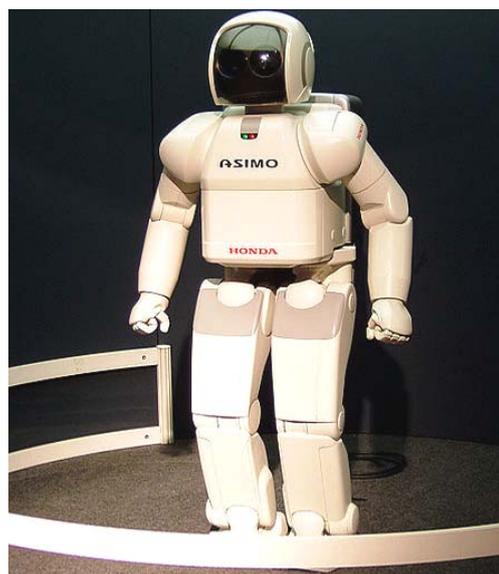


Рис. 7. Современный интеллектуальный гуманоидный робот ASIMO японской корпорации Honda (2009 год) [10, 11]



Рис. 8. Современный робот-гиноид "Актороид", продемонстрированный японскими специалистами на международной выставке Expo-2007 (разработчики – ученые Осацкого университета и инженеры фирмы Kokoro) [10, 11]

Аналогично "Актороиду" робот-девушка Repliee Q2 мог исполнять роль телевизионного интервьюера, взаимодействуя при этом с людьми. В этом роботе были установлены всенаправленные телекамеры, микрофоны и датчики, которые позволяли Repliee Q2 без особых трудностей определять человеческую речь и жестикуляцию [11]. Одним из самых продвинутых современных андроидов является робот Ибн Сина (2010 год), названный в честь знаменитого древнего арабского философа и врача Ибн Сины. Говорящий на арабском языке робот Ибн Сина способен самостоятельно найти свое место в самолете и общаться с людьми [11]. Он распознает выражение лица говорящего человека и прибегает в соответствующей ситуации к мимике. Его губы двигаются еще монотонно. Отмечается, что весьма хорошо у него получается поднимать брови и прищуривать глаза. Современные интеллектуальные роботы способны к разумным действиям и участию в простейших играх (рис. 9) [10].

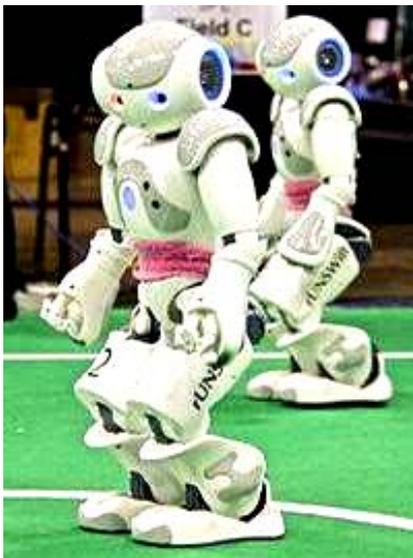


Рис. 9. Современные интеллектуальные роботы, участвующие на игровом поле в машинном состязании [10]

Приведенные в этом разделе шагающие роботы, содержащие внутри себя бортовой *миникомпьютер*, способны к перемещению на двух ногах и самостоятельному преодолению незначительных препятствий (например, подъема или спуска по лестнице). Следует заметить, что для этого ученым и инженерам пришлось решить сложную задачу динамики их движения. Перемещение по пересечённой местности для данных роботов является пока нерешенной задачей. Применяются сейчас интеллектуальные роботы в основном для решения разных исследовательских задач.

#### 4. ПРОМЫШЛЕННАЯ РОБОТОТЕХНИКА

*Промышленные роботы* – это автоматические программно-управляемые системы, предназначенные для работы во многих технологических процессах и позволяющие создавать безлюдные технологии [7, 9]. На рис. 10 приведен внешний вид промышленных роботов FANUC модели R2000iB, встроенных в состав заводской технологической линии [14]. В составе каждого промышленного робота есть механическая часть и система управления данной частью, получающая сигналы от его программной части. Механическая часть этого типа роботов делится на манипуляционную систему и систему передвижения [15].



Рис. 10. Промышленные роботы FANUC модели R2000iB, работающие в составе технологической линии [14]

Данные роботы базируются на механических манипуляторах и системах программирования, содержащих числовое программное управление. Это управление может быть программным или адаптивным. При программном управлении в таких роботах отсутствует сенсорная часть, а все их действия жёстко фиксированы и регулярно повторяются. Для программирования таких роботов могут применяться среды программирования VxWorks/Eclipse или такие языки программирования как Forth, Оберон, Компонентный Паскаль, Си [15]. В качестве аппаратного обеспечения обычно используются промышленные *компьютеры* в мобильном исполнении типа PC/104 и реже MicroPC. Могут применяться и персональные компьютеры или программируемые логические контроллеры [14]. При адаптивном управлении роботы оснащены сенсорной частью. Сигналы, передаваемые их датчиками, анализируются в этой части и в зависимости от получаемых результатов принимается решение о дальнейших действиях робота или его перехода к следующей стадии действий. Промышленные роботы, являющиеся программируемыми манипуляторами, используются для

выполнения разнообразных технологических операций. Среди наиболее распространённых действий, совершаемых промышленными роботами, можно назвать следующие [14]: 1) загрузка или разгрузка технологических машин, деталей и станков; 2) манипулирование деталями (например, укладка, сортировка, транспортировка и ориентация); 3) перемещение деталей и заготовок от станка к станку или от станка к транспортно-контейнерным системам; 4) выполнение сварных швов и точечная сварка; 5) сборка механических и электрических деталей; 6) сборка электронных деталей; 7) покраска деталей; 8) укладка кабелей и проводов; 9) выполнение на станках операций резания материалов с движением рабочего инструмента-резца по сложной траектории. Поэтому можно заключить, что практическое использование промышленных роботов позволяет облегчить или вовсе заменить человеческий труд на производстве, в строительстве, при различной рутинной работе, при работе с тяжёлыми грузами и вредными материалами, а также в других тяжёлых или небезопасных для человека условиях.

## 5. СПЕЦИАЛЬНАЯ РОБОТОТЕХНИКА

**Боевые (военные) роботы** – это автоматические устройства, заменяющие человека в боевых ситуациях для сохранения человеческой жизни или для работы в условиях, несовместимых с возможностями человека в военных целях (разведка, боевые действия, разминирование и др.) [13]. Боевыми роботами являются не только автоматические устройства с антропоморфным действием, которые частично или полностью заменяют человека, но и действующие в воздушной и водной средах, не являющихся непосредственной средой обитания человека (например, авиационные беспилотные с дистанционным управлением, подводные аппараты и надводные корабли). В настоящее время большинство боевых роботов являются устройствами телеприсутствия. Лишь немногие модели подобных роботов имеют возможность выполнять некоторые специальные задачи автономно без вмешательства человека-оператора. Этот тип роботов может быть электромеханическим, пневматическим, гидравлическим или комбинированным. Они могут быть воздушного, сухопутного и морского (надводного и подводного) назначения. На рис. 11 приведен российский беспилотный летательный аппарат Ту-143 "Рейс" [13].



Рис. 11. Современный российский беспилотный радиоуправляемый летательный аппарат Ту-143 "Рейс" [13]

На рис. 12 показана американская специальная боевая система наблюдения и разведки Swords [13].



Рис. 12. Военный американский робот Swords на гусеничном ходу, являющийся боевой системой наблюдения и разведки сухопутных подразделений спецназначения [13]

На рис. 13 изображен американский мобильный робот для обезвреживания мин [13]. Известны и современные российские мобильные робототехнические комплексы МРК-27Х, МРК-25 "Кузнечик", МРК-25УТ, МРК-25М, МРК-46, МРК "ЧХВ-2" и "Мобот-ЧХВ" (разработчик – Специальное конструкторско-технологическое бюро "Прикладной робототехники" Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана) [13]. Робот "Мобот-ЧХВ" может работать в условиях повышенной радиации [9].



Рис. 13. Военный американский робот Mark V-A1 на колесном ходу для обезвреживания мин различного типа (разработчик – фирма Northrop Grumman Corporation, США) [13]

Укажем здесь и российский мобильный робототехнический комплекс легкого класса для обезвреживания взрывоопасных предметов (разработчик – Российский научный центр "Курчатовский институт", г. Москва) [13]. Сейчас существует ряд внедренных разработок в области создания водных боевых роботов. Основными задачами роботов подобного типа являются автоматиче-

ское патрулирование, разведка, охрана береговой линии и портов, поиск и уничтожение мин. Наиболее известными подводными роботами, разработанными для военных целей, являются "Transphibian" (этот необитаемый подводный аппарат предназначен для поиска мин, охраны портов и осуществления автоматизированного надзора), "Гном" (телеуправляемый малогабаритный подводный аппарат для проведения поисково-спасательных работ в море) и "REMUS" (радиоуправляемый с надводного корабля робот-лодка, работающий на морской глубине до 100 м) [13]. К рассматриваемому классу роботов относится и советский робот космического назначения – "Луноход-1" (рис. 14), успешно проработавший в 1970-х годах на поверхности спутника Земли – Луны [16].



Рис. 14. Внешний вид космического робота с двигателем колесного типа для перемещения по твердой поверхности планет нашей Вселенной – советского "Лунохода-1" [13]

## 6. БЫТОВАЯ РОБОТОТЕХНИКА

**Бытовые роботы** – это роботы, предназначенные для помощи человеку в его повседневной жизни [17]. Несмотря на незначительное распространение сейчас бытовых роботов, специалисты-футурологи предполагают их широкое распространение в обозримом будущем. В 2006 году известный американский компьютерщик и бизнесмен Билл Гейтс опубликовал свою статью "Робот в каждом доме", в которой указывал на значительный потенциал этого типа роботов для социума. Все бытовые роботы подразделяются на социальные роботы, роботы-игрушки и роботы-помощники. В сентябре 2005 года в свободную продажу впервые поступили первые человекообразные роботы "Вакамару" производства японской фирмы Mitsubishi [17]. Эти роботы (стоимость – 15 тысяч долларов) были способны узнавать человеческие лица, понимать некоторые фразы на японском языке, давать справки, выполнять ряд секретарских функций и следить за помещением. Известен и социальный робот российской разработки – R.Bot 100, предполагаемый для использования в ближайшем будущем в социально значимых учреждениях [17]. На рис. 15 приведен внешний вид мобильного социального робота, словесно общающегося с девочкой. В настоящее время эти роботы способны самостоятельно перемещаться в помещении и возвращаться по мере необходимости на зарядную станцию для своей подзарядки.

Одним из первых примеров удачной массовой промышленной реализации роботов-игрушек стала собачка AIBO (рис. 16) известной японской корпорации Sony [9, 17]. Английской компанией WowWee выпускаются сейчас и такие роботы-игрушки как шагающий робот Robosapien и робот-динозавр Pleo [17].



Рис. 15. Мобильный бытовой робот, перемещающийся по полу и словесно общающийся с любопытной девочкой [17]



Рис. 16. Получивший широкую популярность робот-собачка AIBO, использующийся в качестве детской игрушки (серийный производитель – японская корпорация Sony) [17]

В настоящее время в массовую культуру людей удачно вошли бытовые роботы-пылесосы, имеющие элементную базу для подзарядки своих **аккумуляторов**. На рис. 17 показан один из типов таких роботов-помощников [9]. Следует указать, что сейчас в мире уже разработаны технологии, позволяющие роботам-помощникам самостоятельно осуществлять свою электрическую подзарядку, находя при этом в помещении стационарную зарядную станцию и подсоединяясь к ней. Отметим, что в настоящий момент во многих лабораториях мира проходят испытания различных систем, обеспечивающих бесконтактную подзарядку пока в помещениях аккумуляторов роботов-помощников (например, направленным мощным инфракрасным лазером или индукционным путем) [17].



Рис. 17. Серийно выпускающийся робот-пылесос Roomba (производитель – фирма iRobot Corporation, 2005 год) [17]

**Шаробот (Ballbot)** – это подвижный робот, использующий для своего передвижения единственное сферическое колесо-шар и постоянно самобалансирующий на нём как в движении, так и в покое [18]. На рис. 18 представлен внешний вид такого вида бытового робота. Благодаря единственной точке контакта своего шарообразного колеса с твердой поверхностью, шаробот одинаково легко передвигается во всех направлениях. Он является чрезвычайно подвижным, манёвренным и естественным в движениях роботом в сравнении с обычным наземным транспортом [18].

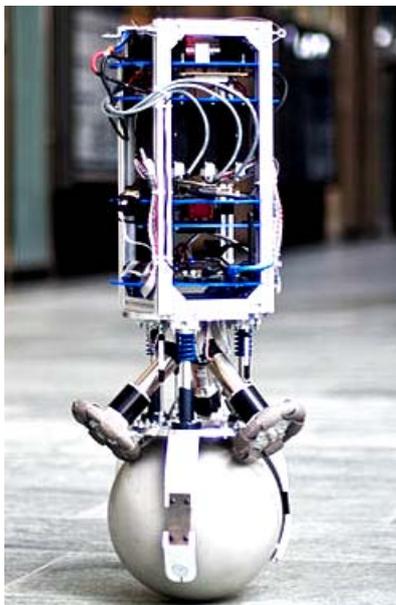


Рис. 18. Шаробот Rezego, устойчиво балансирующий и перемещающийся по твердой плоской поверхности (полу) [18]

Проектирование надёжных в работе роботов с узкой колёсной базой на примере шаробота, обладающего улучшенной манёвренностью в ограниченных, переполненных и динамичных средах (например, в узких коридорах и заполненных передвигающимися людьми помещениях), стало возможным благодаря теоретическим наработкам ученых в области теории динамической стабильности и теории управления. Шаробот Rezego (см. рис. 18), разработчиком которого является Швейцарская высшая техническая школа, содержит колесо-шар, три электромотора, приводящие в движение три балансировочные колеса и основной корпус, в котором размещены **микропроцессор**, блок инерциальных измерений, блок питания и аккумуляторная батарея. Шароботы изначально неустойчивы и используют исполнительные устройства для поддержания себя в равновесии. Это приводит к небольшим, но постоянным смещениям шаробота по неподвижному твердому основанию. Данное неустойчивое, но стабильное состояние, называемое динамической стабильностью, на практике является намного более устойчивым к внешним динамическим воздействиям (например, боковым толчкам) состоянием, чем статическая стабильность [18]. Именно динамическая стабильность шароботов позволяет использовать их в условиях большого количества внешних толчкообразных помех. Наглядными примерами подобных ус-

ловий являются корабли и поезда, а также помещения с большими скоплениями людей (например, вокзалы, музеи и другие общественные учреждения). Всенаправленность шаробота и его способность к быстрому изменению направления своего движения позволяет ему быстро двигаться в помещениях коридорного типа. Высокое расположение в нем центра тяжести позволяет удобно располагать его органы управления и интерфейс пользователя. На данный момент времени, по мнению специалистов-робототехников, наиболее привлекательным видится использование шароботов для информирования людей в общественных учреждениях, а также в качестве ежедневного бытового робота-помощника [18]. Необходимо заметить, что сейчас шароботы являются в области мировой робототехники объектом активных исследований и поэтому области их применения пока весьма ограничены.

Определенное распространение в мире получили четырех- и двухколесные роботы. В двухколесных роботах для определения угла наклона корпуса робота и выработки управляющего напряжения для электроприводов робота с целью удержания его равновесия и выполнения на твердом покрытии пола (дороги) необходимых перемещений, как правило, используются гироскопы. К таким балансирующим двухколесным роботам относится **Сегвей**, приведенный на рис. 19.



Рис. 19. Современный двухколесный робот для перевозки человека по твердому покрытию дороги (Сегвей), экспонируемый в японском музее роботов (г. Нагои, Япония) [9, 10]

При разработке Сегвея японским робототехникам пришлось решить сложную задачу удержания равновесия двухколесного робота, связанную с динамикой обратного маятника. На базе транспортной платформы Сегвея специалисты Национального агентства США по аэронавтике (НАСА) недавно создали робот "Робонавт", предназначенный для космических исследований [6, 9]. В настоящее время в области робототехники для перемещения по неровным поверхностям, траве и каменистой местности разрабатываются шестиколесные роботы. Ещё большее сцепление с грунтом обеспечивают шасси гусеничного типа. Примерами подобных роботов могут служить разработанные американским НАСА робот Urban Robot и компанией iRobot роботы Warrior и PackBot [9, 17].

В области робототехники разрабатываются и змееподобные роботы (рис. 20), выполняющие в быту

роль игрушек и помощников спасателей при поиске людей, попавших под обломки рухнувших зданий [9].



Рис. 20. Внешний вид змееподобных роботов (левый робот оснащен 64-мя электроприводами, а правый – десятью) [9]

Разработаны также змееподобные роботы, способные перемещаться в воде. Примером таких конструкций роботов может служить японский робот АСМ-R5 [9]. Сейчас существует много разработок роботов, перемещающихся в воде и подражающих движениям рыб. Повышенная эффективность их перемещения в воде и отсутствие шума являются причиной высокого интереса исследователей к роботам, движущимся подобно рыбам. Примерами здесь являются такие роботы компании Festo как Aqua Ray (имитирует движение ската) и Aqua Jelly (имитирует движение медузы) [9]. Известны и роботы, перемещающиеся по вертикальным поверхностям (например, разработанный в Стэнфордском университете США робот Caruchin). Анализ представленного здесь материала показывает, что в совершенствовании методов управления современными роботами различных типов огромное значение имеет дальнейшее развитие в мире технической кибернетики и теории автоматического управления.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. <http://ru.wikipedia.org/wiki/Кибернетика>.
2. Баранов М.И. Антология выдающихся достижений в науке и технике. Часть 20: Изобретение компьютера и информационной сети Интернет // *Электротехника і електро-механіка*. – 2014. – №3. – С. 3-13.
3. [http://ru.wikipedia.org/wiki/Кибернетика\\_в\\_СССР](http://ru.wikipedia.org/wiki/Кибернетика_в_СССР).
4. Основы кибернетики. Теория кибернетических систем / Под ред. проф. К.А. Пупкова. – М.: Высшая школа, 1976. – 408 с.
5. Баранов М.И. Антология выдающихся достижений в науке и технике. Часть 7: Создание ядерного и термоядерного оружия // *Электротехника і електро-механіка*. – 2012. – №2. – С. 3-15.
6. Баранов М.И. Антология выдающихся достижений в науке и технике. Часть 18: Ракетная техника и покорение ближнего космоса // *Электротехника і електро-механіка*. – 2014. – №1. – С. 3-14.
7. Большой иллюстрированный словарь иностранных слов. – М.: Русские словари, 2004. – 957 с.
8. <http://bse.sci-lib.com/article060914.html>.
9. <http://ru.wikipedia.org/wiki/Робототехника>.
10. [http://ru.wikipedia.org/wiki/Искусственный\\_интеллект](http://ru.wikipedia.org/wiki/Искусственный_интеллект).
11. <http://ru.wikipedia.org/wiki/Андроид>.
12. Баранов М.И. Избранные вопросы электрофизики: Монография в 2-х томах. Том 1: Электрофизика и выдающиеся

- физики мира. – Харьков: Изд-во НТУ "ХПИ", 2008. – 252 с.
13. [http://ru.wikipedia.org/wiki/Боевой\\_робот](http://ru.wikipedia.org/wiki/Боевой_робот).
  14. [http://ru.wikipedia.org/wiki/Промышленный\\_робот](http://ru.wikipedia.org/wiki/Промышленный_робот).
  15. Белянин П.Н. Промышленные роботы. – М.: Машиностроение, 1975. – 398 с.
  16. Баранов М.И. Антология выдающихся достижений в науке и технике. Часть 19: Изучение и покорение дальнего космоса // *Электротехника і електро-механіка*. – 2014. – №2. – С. 3-13.
  17. [http://ru.wikipedia.org/wiki/Бытовой\\_робот](http://ru.wikipedia.org/wiki/Бытовой_робот).
  18. <http://ru.wikipedia.org/wiki/Шаробот>.

- REFERENCES:**
1. *Kybernetika* (Cybernetics) Available at: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Кибернетика> (accessed 31 August 2012).
  2. Baranov M.I. An anthology of outstanding achievements in science and technology. Part 20: Invention of computer and the Internet information network. *Elektrotehnika i elektromekhanika – Electrical engineering & electromechanics*, 2014, no.3, pp. 3-13.
  3. *Kybernetika v SSSR* (Cybernetics in USSR) Available at: [http://ru.wikipedia.org/wiki/Кибернетика\\_в\\_СССР](http://ru.wikipedia.org/wiki/Кибернетика_в_СССР) (accessed 31 August 2012).
  4. *Osnovy kybernetiki. Teoriya kyberneticheskikh sistem*. Pod red. prof. K.A. Pupkova [Foundations of cybernetics. Cybernetic systems theory. Under edit. prof. K.A. Pupkova]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1976. 408 p.
  5. Baranov M.I. An anthology of outstanding achievements in science and technology. Part 7: Nuclear and thermonuclear weapon creation. *Elektrotehnika i elektromekhanika – Electrical engineering & electromechanics*, 2012, no.2, pp. 3-15.
  6. Baranov M.I. An anthology of outstanding achievements in science and technology. Part 18: Rocket engineering and near-space exploration. *Elektrotehnika i elektromekhanika – Electrical engineering & electromechanics*, 2014, no.1, pp. 3-14.
  7. *Bol'shoy illjustrirovannyj slovar' inostrannykh slov* [Large illustrated dictionary of foreign words]. Moscow, Russkie slovari Publ., 2004. 957 p.
  8. Available at: <http://bse.sci-lib.com/article060914.html> (accessed 31 August 2012).
  9. *Robototekhnika* (Technique of robots) Available at: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Робототехника> (accessed 31 August 2012).
  10. *Iskusstvennyj intellekt* (Artificial intelligence) Available at: [http://ru.wikipedia.org/wiki/Искусственный\\_интеллект](http://ru.wikipedia.org/wiki/Искусственный_интеллект) (accessed 31 August 2012).
  11. *Android* (Android) Available at: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Андроид> (accessed 31 August 2012).
  12. Baranov M.I. *Izbrannye voprosy elektrofiziki: Monografija v 2-h tomah. Tom 1: Elektrofizika i vydajushiesja fiziki mira* [Selected topics of electrophysics: Monographs in 2 vols. Vol.1: Electrophysics and outstanding physics of the world]. Kharkov, NTU "KhPI" Publ., 2008. 252 p.
  13. *Boevoj robot* (Battle robot) Available at: [http://ru.wikipedia.org/wiki/Боевой\\_робот](http://ru.wikipedia.org/wiki/Боевой_робот) (accessed 31 August 2012).
  14. *Promyshlennyj robot* (Industrial robot) Available at: [http://ru.wikipedia.org/wiki/Промышленный\\_робот](http://ru.wikipedia.org/wiki/Промышленный_робот) (accessed 31 August 2012).
  15. Beljanin P.N. *Promyshlennye roboty* [Industrial robots]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1975. 398 p.
  16. Baranov M.I. An anthology of outstanding achievements in science and technology. Part 19: Deep space study and exploration. *Elektrotehnika i elektromekhanika – Electrical engineering & electromechanics*, 2014, no.2, pp. 3-13.
  17. *Bytovoj robot* [Domestic robot] Available at: [http://ru.wikipedia.org/wiki/Бытовой\\_робот](http://ru.wikipedia.org/wiki/Бытовой_робот) (accessed 31 August 2012).
  18. *Sharobot* [Ball robot] Available at: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Шаробот> (accessed 31 August 2012).

Поступила (received) 31.08.2012

Баранов Михаил Иванович, д.т.н., с.н.с.,  
НИПКИ "Молния" НТУ "ХПИ",  
61013, Харьков, ул. Шевченко, 47  
тел./phone +38 057 7076841, e-mail: eft@kpi.kharkov.ua

M.I. Baranov  
Scientific-&-Research Planning-&-Design Institute "Molniya"  
National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"  
47, Shevchenko Str., Kharkiv, 61013, Ukraine

**An anthology of outstanding achievements in science and technology. Part 21: Artificial intelligence and robotics.**  
A brief essay on the history of invention of various-application robots and development of state-of-the-art robotics is given.  
**Key words – history, artificial intelligence, invention of robots.**