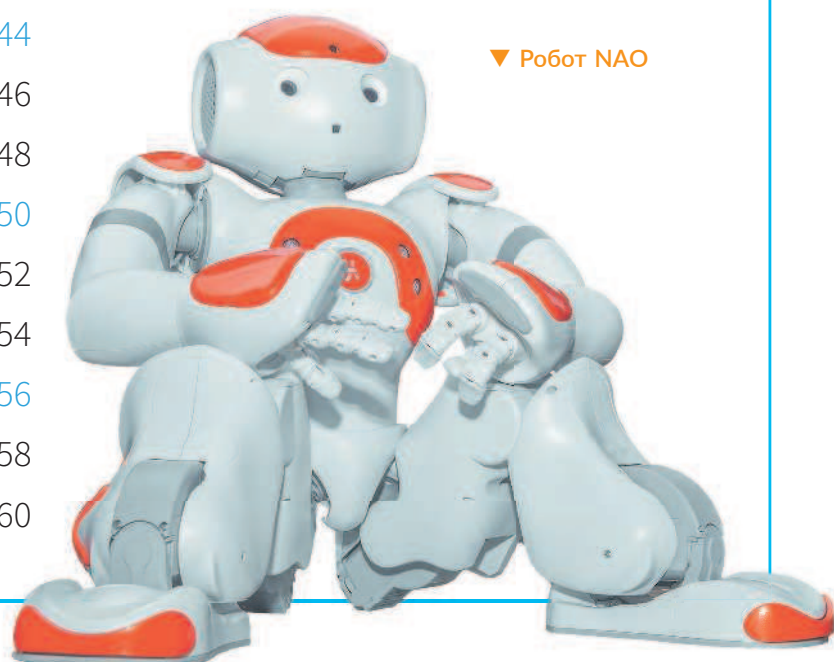


Содержание

Введение.....	4	Роботы в воздухе и на земле.....	62
Краткая история робототехники	5	Проект ResQu.....	65
Что такое робот	8	Роботы под водой	66
Типы современных роботов	10	Роботы в космосе	68
Предшественники роботов.....	12	Робонавт.....	71
Робототехника. Начало.....	16	Роботы в искусстве	72
«Черепашки» Грея Уолтера.....	18	Музыкальные роботы	74
Эволюция андроидов.....	20	Аниматроники	76
Роботизация Земли	22	Эмоциональные роботы.....	78
Как роботы двигаются.....	24	Работа в команде.....	80
Что чувствует робот	26	Киборги.....	82
Искусственный интеллект	28	Гуманоиды и андроиды	84
Дистанционное управление	30	Poppy.....	86
Робот-обезвреживатель	32	ASIMO.....	88
Промышленные роботы	34	Boston Dynamics.....	90
Роботы в учебном процессе	38	Роботы в будущем	92
Logo Turtle.....	40	Указатель.....	94
Роботы-игрушки.....	42		
AIBO.....	44		
Битвы роботов.....	46		
Спортивные роботы	48		
NAO.....	50		
Роботы в лаборатории.....	52		
Роботы в медицине.....	54		
Робот-хирург da Vinci.....	56		
Домашние роботы.....	58		
Роботы для труднодоступных мест	60		



Введение

С древних времен человек мечтал о помощниках, которые беспрекословно выполняли бы его команды. Сегодня они существуют. Это роботы — машины, созданные делать то, что людям не под силу. Сегодня робототехника — одна из самых быстроразвивающихся и востребованных отраслей промышленности. Однако, чтобы стать таковой, ей потребовалось много времени. В 1920-х годах роботы стали появляться в научно-фантастических рассказах и фильмах, а инженеры со всего мира создавали первые механические устройства. Они могли выполнять очень ограниченное количество действий, но этого было достаточно, чтобы поразить воображение еще не искушенной публики и породить интерес к робототехнике у новых поколений. Сегодня человек сталкивается с роботами с завидной регулярностью. Они имеют разную форму



► Терапевтический робот Паро.

Разработка японца Таканори Сибаты в виде детеныша гренландского тюленя предназначена для оказания успокаивающего действия на пациентов больниц и домов престарелых. Звуки, воспроизводимые Паро, — специально записанный голос животного. Робот снабжен тактильными сенсорами, позволяющими ему реагировать на ласку и голос, выражать удивление, радость, гнев



и предназначение, но все призваны помогать нам. Выполнять работу по дому и исследовать океаны, проводить хирургические операции и участвовать в боевых действиях, играть и сочинять музыку, сражаться на аренах — вот неполный перечень того, что делают роботы. Они вошли в школы, больницы, лаборатории и заводы по всему миру, став неотъемлемым атрибутом прогресса.

В чем-то роботы опередили человека. Они уже побывали на Марсе и на дне океана, передвигаются по лунной поверхности и вулканической лаве. Благодаря получаемым от машин сведениям человечество совершает большое количество открытий, которые были бы невозможны без таких помощников. Прогресс не стоит на месте. Технологии, которые еще несколько десятков лет назад казались чем-то недостижимым, сегодня стали вполне обыденными. Поэтому интересно, какие роботы появятся в будущем. Ученые, инженеры, социологи, футурологи и специалисты множества других областей работают сообща, чтобы вывести разработки роботов на принципиально новый уровень.

◀ **Kodomoroid.** Этого реалистичного андроида, похожего на подростка, можно использовать в качестве телевизионного ведущего: он умеет читать тексты с разной интонацией, жестикулировать и подражать человеческой мимике



▲ **Робот для мытья окон.** Прямоугольная форма позволяет ему лучше мыть углы окон — невозможность осуществить это долгое время считалась одним из самых слабых мест подобных устройств



▲ **CyberKnife.** Благодаря этой системе было осуществлено более 100 тысяч операций по удалению доброкачественных и злокачественных опухолей

Краткая история робототехники

ИСТОРИЯ РОБОТОТЕХНИКИ НАЧАЛАСЬ ЕЩЕ ТЫСЯЧИ ЛЕТ НАЗАД С СОЗДАНИЯ ПРИМИТИВНЫХ МЕХАНИЧЕСКИХ КУКОЛ. ПРОШЛО МНОГО ВРЕМЕНИ, ПРЕЖДЕ ЧЕМ ЛЮДИ ПРИДУМАЛИ МАШИНЫ, ИМИТИРУЮЩИЕ ЖИЗНЬ. ПЕРВЫЕ РОБОТИЗИРОВАННЫЕ ЖИВОТНЫЕ И МУЗЫКАНТЫ ПОЯВИЛИСЬ ДЛЯ РАЗВЛЕЧЕНИЯ. ПОЗЖЕ РАЗВИТИЕ ЭЛЕКТРОНИКИ ПОЗВОЛИЛО ИЗОБРЕТАТЕЛЯМ СОЗДАТЬ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА. ОДНАКО РОБОТ СО ВСЕМИ СПОСОБНОСТЯМИ НАСТОЯЩЕГО ЧЕЛОВЕКА ОСТАЕТСЯ ПОКА МЕЧТОЙ.

≈ 3500 до н. э.

Колесное транспортное средство.

В Месопотамии (современный Ирак) колесо приспособили для использования на транспортных средствах.

≈ 400 до н. э.

Механическая птица.

Древнегреческий математик Архит Тарентский создал механического голубя. Деревянное устройство, двигавшееся благодаря пару, смогло пролететь около 200 метров.

≈ 270 до н. э.

Мощность пневматики.

Древнегреческий изобретатель Ктесибий из Александрии обнаружил, что сжатый воздух может быть использован для перемещения машин.

≈ 1500

Автоматическая музыка.

Появились первые инструменты, которые могли воспроизводить мелодии без участия человека-музыканта. Для их создания использовались пружинные механизмы.



◀ Механическая утка Вокансона

≈ 1600

Автоматический контроль.

Голландский инженер Корнелиус Дреббель изобрел термостат. Механическое устройство применялось для управления температурой внутри печи.

1725

Анимационные актеры.

В Хайльбронне (Германия) создан механический театр, содержащий 119 анимированных фигур, которые исполняли пьесу о деревенской жизни.

1739

Утка Вокансона. Французский изобретатель Жак де Вокансон создал механическую утку, которая могла пить, есть, бить крыльями и переваривать пищу.

▶ Каллиграф.

Автоматон, созданный в XVIII веке, писал слова с помощью гусяного пера. Уже тогда изобретатели пытались собрать устройство, способное записывать мысли. Сегодня ученые мечтают о роботе, который будет не только писать, но и самостоятельно придумывать рассказы.



1820

Калькулятор. Французский страховой агент Томас де Кольмар изобрел первую практическую вычислительную машину, которая складывала и вычитала, умножала и делила (с трудом) числа.

1854

Логическая алгебра.

Британский математик Джордж Буль опубликовал трактат «Исследование законов мышления, на которых основываются математические теории логики и вероятностей», в котором рассказал о логической алгебре. Позже она будет использована для проектирования компьютеров и роботов.

1920

Роботы Чапека. Действие пьесы чешского писателя Карела Чапека «R.U.R.» («Россумские универсальные роботы») разворачивается на фабрике, производящей роботов — искусственных людей. После публикации произведения слово «робот» стало популярным.

1942

Законы робототехники. Американский писатель-фантаст Айзек Азимов в рассказе «Хоровод» сформулировал три обязательных правила поведения (закона) для робота.

1945

Современный компьютер. Математик Джон фон Нейман создал компьютерную архитектуру, которая обеспечивает высокую гибкость и скорость работы вычислительных машин.

1948

«Черепашки» Грея Уолтера. Английский нейрофизиолог Уильям Грей Уолтер создал два механических робота — «черепашек» Элмера и Элси. Несмотря на простую конструкцию, они продемонстрировали поведение, свойственное живым существам.

1950

Тест Тьюринга. Британский математик Алан Тьюринг сформулировал идею определения того, может ли машина мыслить. Если люди не могут понять, с кем они говорят (с человеком или компьютером), не видя собеседника, то тест считается пройденным.

1956

Искусственный интеллект. Американские математики Марвин Ли Минский и Джон Маккарти придумали термин «искусственный интеллект».

1960

Нейронная сеть. Американский исследователь Фрэнк Розенблатт применил на практике первую искусственную нейронную сеть, названную перцептроном. Перцептрон позволил понять фундаментальные законы организации, общие для всех систем обработки информации.

1961

Промышленный робот. Американские инженеры Джордж Девол и Джо Энгельбергер создали первых промышленных роботов под названием «Юнимейт».

1966

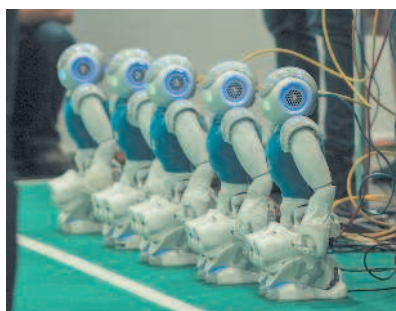
Робот с искусственным интеллектом. Шеки стал первым мобильным роботом с искусственным интеллектом: он самостоятельно выбирал направление движения и порядок действий.

1973

Интеллектуальное зрение. Департамент искусственного интеллекта Эдинбургского университета продемонстрировал робота по имени Freddy II, который может собрать объект, выбирая правильные компоненты.

1984

Сус. Американский исследователь Дуглас Ленат, понимая, что роботы ничего не знают о реальном мире, начал проект Сус. Его целью стало создание компьютерной базы данных, содержащей все человеческие знания.



1985

Робот-хирург. Первая попытка использования робота в операционной.

1989

Genghis. Один из первых шестиногих роботов разработан в Массачусетском технологическом институте. Каждая нога имеет по два двигателя с обратной связью для более легкой ориентации при столкновении с препятствием.

1997

Победа над человеком. Суперкомпьютер Deep Blue II компании IBM выиграл матч из шести партий у сильнейшего шахматиста мира Гарри Каспарова.



▲ **Deep Blue.** В названии шахматного суперкомпьютера (дословно означает «темно-синий» или в литературном переводе — «глубокая печаль») сочетаются название проекта Deep Thought («Глубокая мысль») и прозвище Big Blue («Голубой гигант»), данное IBM

1997

RoboCup. В городе Нагоя (Япония) прошел первый футбольный турнир среди роботов RoboCup.

◀ **Команда RoboCup.** По правилам люди не могут вмешиваться в ход матча: роботы действуют, основываясь на команды, запрограммированные ранее

1997

Honda P3. Международная японская компания Honda представила робота-гуманоида P3 — усовершенствованную модель первого в мире автономного прямоходящего робота-андроида Honda P2, который был разработан в 1996 году и являлся предком ASIMO. Honda P3 мог ходить, подниматься по лестнице, пожимать руку и вставать с колен.

1998

Первый киборг. Профессор Кевин Уорвик из Университета Рединга (Великобритания) назвал себя первым киборгом в мире, поскольку у него есть микрочип, имплантированный в левую руку. Благодаря чипу доктор наук в области кибернетики открывал электронные замки и утверждал, что машины в его лаборатории реагируют на его приближение.

1999

AIBO. Японская транснациональная корпорация Sony выпустила первую роботизированную собаку AIBO, более совершенную, чем ранние роботы-животные, такие как Фёрби.



▲ **AIBO третьего поколения.**

Робот в виде собачки узнает хозяина в лицо и по голосу. Окликнув его, вы увидите, как вздрогнут ушки и к вам повернется забавная мордочка, сияющая разноцветными огоньками. AIBO не просто двигается, он играет с мячиком, удовлетворяет свое любопытство, общается с хозяином

2000

Робот-хирург Da Vinci.

С его помощью было проведено большое количество хирургических операций.

2001

Космический помощник.

Разработанный в Канаде роботизированный манипулятор «Канадарм-2» начал работу на Международной космической станции.

2003

Разведка Марса.

Марсоходы НАСА «Спирит» и «Оппортьюнити» запущены для исследования Красной планеты.

2004

Санитары.

Американская компания Vecna Technologies представила рабочий прототип робота BEAR, предназначенного для спасательных работ на поле боя.

2005

Самовоспроизводство.

Ученые из Корнельского университета создали самовоспроизводящихся роботов.

► **Кевин Уорвик.**

Профессор вживил себе не один чип. Главной задачей была интеграция собственной нервной системы в нейронный интерфейс

▼ **«Канадарм-2» в работе.**

Робототехнический комплекс удерживает американского астронавта Стивена Робинсона в открытом космосе

2014

Беспилотные автомобили.

Google провел испытания первого беспилотного автомобиля. Позже подобные разработки начали производить практически все крупные автокомпании мира.



Что такое робот

СЛОВО «РОБОТ» БЫЛО ПРИДУМАНО ЧЕШСКИМ ПИСАТЕЛЕМ КАРЕЛОМ ЧАПЕКОМ. ОНО ПРОИСХОДИТ ОТ ЧЕШСКОГО СЛОВА ROVOTA, КОТОРОЕ ОЗНАЧАЕТ «ПРИНУДИТЕЛЬНЫЙ ТРУД», «КАТОРГА».

Единого общепризнанного ответа на вопрос, что такое робот, не существует. Одни считают, что это машина, способная двигаться и взаимодействовать с окружающим миром. Другие видят задачу робота в выполнении тяжелой работы и бытовых поручений. Третьи уверены, что он обязательно должен быть похож на человека и полностью копировать его поведение. Так или иначе, все стороны сходятся в том, что робот — это умное устройство, призванное быть полезным людям, облегчить их жизнь и служить интересам человечества.

ПЕРВЫЕ ПОПЫТКИ

О роботах люди мечтали издавна, это нашло отражение в мифах и эпосах различных эпох. Древнегреческий герой Пигмалион вдохнул жизнь в созданную им статую Галатеи, пражский раввин Йехуда бен Бецалель — в глиняного человека Голема, скандинавский тролль

Хрунгнир — в гиганта Мёккуркальви. Это лишь малая часть легенд, в которых упомянуты механические устройства.

ВРАГИ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА

В XX веке роботы не только занимают почетное место в массовой культуре, но и становятся врагами человечества. Так, в пьесе Карела Чапека «R.U.R» («Россумские универсальные роботы»), написанной в 1920 году, машины выступают против человечества и практически уничтожают его. В немецком фильме «Метрополис», вышедшем на экраны в 1927 году, женщина-робот призывает рабочих на восстание. Фильмы «Бегущий по лезвию» (1982) и «Терминатор» (1984) предупреждают, что роботы могут занять место человека на Земле. В японских аниме и мангах человек представлен в качестве обслуживающего персонала для машин.

РОБОТ ЛЕОНАРДО ДА ВИНЧИ

Приблизительно в 1495 году Леонардо да Винчи выполнил чертеж механического рыцаря, облаченного в броню, который мог двигаться головой и руками. Однако до наших дней не сохранилось сведений о том, смог ли гениальный итальянец воплотить задумку и собирался ли делать это вообще.



▲ Реконструкция робота Леонардо да Винчи и схемы его внутреннего строения

ПЕРВЫЕ МЕХАНИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА

1206

Механик, математик, астроном исламского возрождения Аль-Джазари написал трактат «Книга знаний об остроумных механических устройствах», где приведены конструкции около 50 механизмов, в том числе часов, кодовых замков и роботов. Арабский изобретатель создал лодку с четырьмя механическими музыкантами, способными играть на бубнах, флейте и арфе.

1501-1700

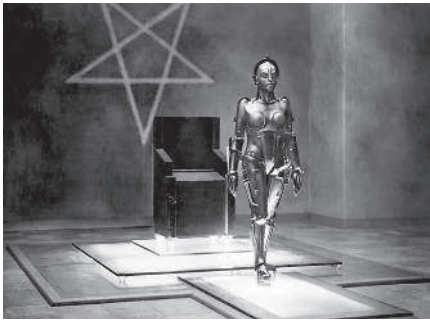
В Европе становятся популярными автоматы — механические игрушки, способные выполнять определенные действия. Источником движения для них служил пружинный заряд. Сами автоматы чаще всего выглядели как человек или животное.

1738

Француз Жак де Вокансон собирал человекоподобное устройство, способное играть на флейте. Позже он изготовил механических уток, «клюющих» корм.

1701-1800

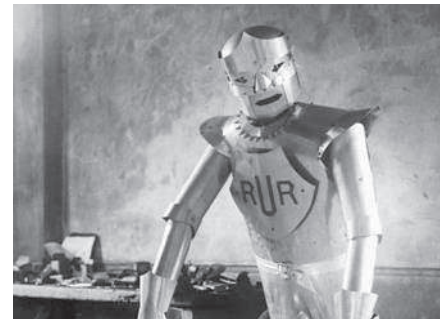
Пытаясь выдать собственные разработки за умные машины, мошенники помещали внутри своих устройств людей или дрессированных животных, которые и выполняли команды. Такие попытки почти всегда разоблачались.



▲ Кадр из фильма «Метрополис». В кинокартине женщина-робот представлена как «совершенный человек будущего» — человек-машина, которую никто не может отличить от живого существа. По сюжету фильма так и происходит: робота, призывающего рабочих на восстание, все принимают за человека



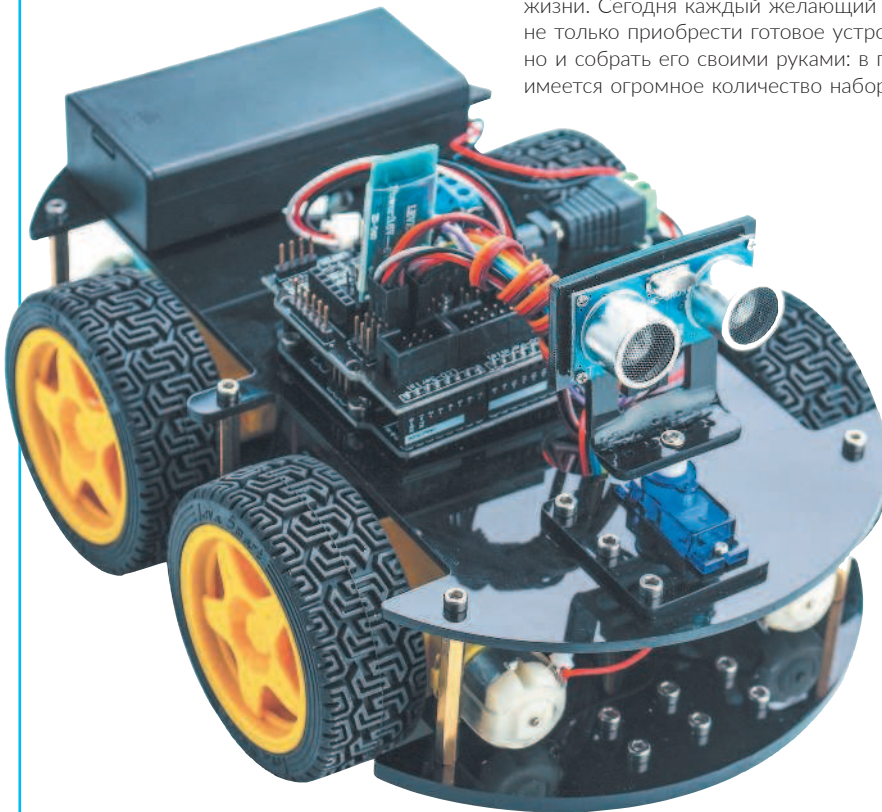
▲ Кадр из спектакля «Россумские универсальные роботы». По ходу повествования роботы перестают быть слугами и обретают власть над человеком



▲ Робот Эрик. Собранный в 1928 году, он был революционным созданием для своего времени: мог сидеть, стоять, двигать руками и даже говорить, выбрасывая искры изо рта. Вес робота составлял 45 килограммов, рост — 150 сантиметров. Надпись на груди RUR отсылала к научно-фантастической пьесе Карела Чапека. Создатели много путешествовали с Эриком по миру, однако в 1929 году робот исчез, до сих пор судьба его неизвестна

▼ Набор Elegoo Smart Robot car.

Если раньше к роботам относились как к машинам из далекого будущего, то сейчас они стали частью повседневной жизни. Сегодня каждый желающий может не только приобрести готовое устройство, но и собрать его своими руками: в продаже имеется огромное количество наборов



ДРУГ И ПОМОЩНИК

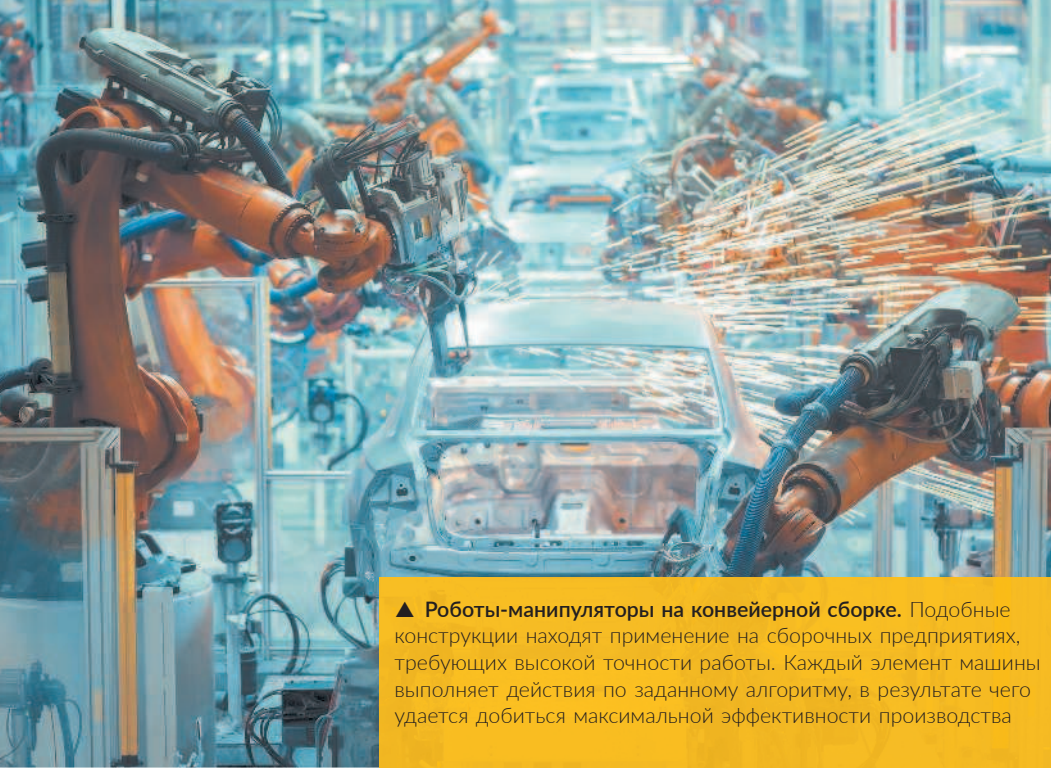
Кинокартин, в которых робот представлен другом и помощником человека, также немало. Например, фильмы для детей: «Приключения Электроника» (1980), «Гостя из будущего» (1985); для взрослых: «Его звали Роберт» (1967), «Я, робот» (2004), «Звездные войны» (1977–2017), «Интерстеллар» (2014).

СЕГОДНЯ РОЛЬ РОБОТОВ МНОГИМ ВИДИТСЯ В СПОСОБНОСТИ УПРОСТИТЬ ЖИЗНЬ ЧЕЛОВЕКА И ОБЛЕГЧИТЬ ЕГО БЫТ, А В БУДУЩЕМ И ВО ВСЕ ВЫПОЛНЯТЬ ВСЕ ЕГО ЖЕЛАНИЯ.

ТРИ ЗАКОНА РОБОТОТЕХНИКИ

В 1942 году Айзек Азимов в фантастическом рассказе «Хоровод» сформулировал три закона робототехники, которые впоследствии стали общепринятыми в писательской среде. Сам Азимов неоднократно дополнял и уточнял их, однако ключевыми остаются первоначальные варианты.

- 1 Робот не может причинить вред человеку или своим бездействием допустить, чтобы человеку был причинен вред.
- 2 Робот должен повиноваться всем приказам, отдаваемым человеком, кроме тех случаев, когда эти приказы противоречат первому закону.
- 3 Робот должен заботиться о своей безопасности в той мере, в которой это не противоречит первому или второму закону.



▲ **Роботы-манипуляторы на конвейерной сборке.** Подобные конструкции находят применение на сборочных предприятиях, требующих высокой точности работы. Каждый элемент машины выполняет действия по заданному алгоритму, в результате чего удается добиться максимальной эффективности производства

ПРОМЫШЛЕННЫЕ РОБОТЫ

Выпуск промышленных роботов начался в 1980-х годах: микропроцессоры стали достаточно дешевыми и компактными, а потому устройства, собранные на их основе, больше соответствовали требованиям рынка. Сегодня одна машина может заменить десятки человек, при этом она работает стабильно, без перерывов и выходных, производя продукцию высокого качества.



▲ **Робот BROKK.** Машина выполнит демонтаж конструкций быстрее, точнее и безопаснее. Роботы часто используются в местах, где работа человека была бы сильно затруднена, например при разборке завалов или сильном запылении

Типы современных роботов

СЕГОДНЯ ЧЕЛОВЕЧЕСТВО ПЫТАЕТСЯ РОБОТИЗИРОВАТЬ МНОГИЕ СФЕРЫ ЖИЗНИ, ПОЭТОМУ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ФУНКЦИЙ СУЩЕСТВУЕТ БОЛЬШОЕ КОЛИЧЕСТВО ТИПОВ РОБОТОВ.

ТРАНСПОРТНЫЕ РОБОТЫ

Транспортные роботы — одна из разновидностей промышленных. Главная особенность машин состоит в том, что при выполнении задач они могут перемещать грузы. Некоторые модели при этом движутся самостоятельно. Так, на складах многих крупных логистических компаний мира транспортные роботы используются для перемещения посылок. Ранее эту работу традиционно выполняли погрузчики, конвейеры и, конечно, люди.

▼ **Freight 1500.** Робот-курьер компании Fetch может поднимать до 1,5 тысячи килограммов груза и работать 9 часов без остановки

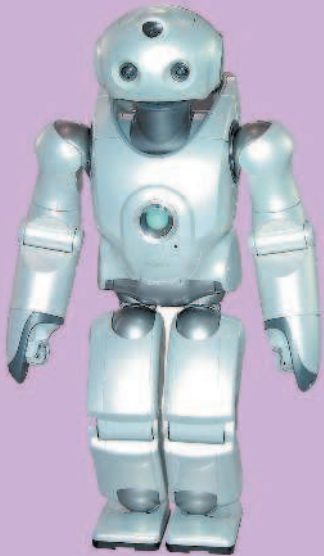


МЕДИЦИНСКИЕ РОБОТЫ

Главное достоинство медицинских роботов — высочайшая точность, необходимая при проведении хирургических операций.

▼ **Робот-хирург.** Использование таких машин во время хирургических операций (например, лапароскопии) значительно улучшает качество оказываемой помощи





◀ **QRIO.** Робот компании Sony может брать и переносить предметы, подниматься по лестнице, танцевать, стоять на одной ноге. Он знает 60 тысяч слов на разных языках мира, благодаря чему способен поддержать беседу, задавая уточняющие вопросы. QRIO умеет распознавать лица и выполнять команды. Несмотря на большой интерес со стороны потенциальных покупателей, было выпущено всего несколько единиц робота, которые так и не поступили в продажу

БЫТОВЫЕ РОБОТЫ

Бытовые роботы для многих людей являются одной из возможностей завести себе друга. Первыми были машины, призванные заменить домашних животных. Позже появились роботы-секретари, роботы-охранники и др. Сегодня роботы-пылесосы, способные самостоятельно наводить порядок в доме, становятся вполне обыденной вещью.

БОЕВЫЕ РОБОТЫ

Роботы не всегда служат мирным целям. Существуют их собратья, призванные заменить человека на поле боя. Сейчас подобные машины представлены достаточно широко: от беспилотных летательных аппаратов до устройств для разминирования. Пока боевые роботы не могут работать самостоятельно: в подавляющем большинстве их действия курирует оператор, осуществляя удаленное управление.

▼ **Робот RPDWR (Remote Positioning Device Wheelbarrow Revolution).** Представляет собой транспортное средство с батарейным питанием, которое может работать дистанционно, выполняет разведку, поиск объектов и доставку оружия в опасных для человека условиях. Основная роль робота в армии Новой Зеландии заключается в разминировании самодельных взрывных устройств и взрывоопасных боеприпасов

▼ **MQ-1 «Хищник».** Беспилотный летательный аппарат использует спутниковые радиолнии для связи с наземной станцией, что существенно увеличивает радиус его действия. Машина длиной 8,22 метра и весом 1 тонну может пролететь до 740 километров. «Хищники» находят применение в армии США в разведывательных целях на Балканах, в Юго-Восточной Азии, на Ближнем Востоке, а также на территориях Ирака и Афганистана



РОБОТЫ-ПОМОЩНИКИ

Роботов можно встретить на улицах городов и в общественных местах: в ресторанах это официанты, в музеях — экскурсоводы, на оживленных перекрестках — регулировщики. Несмотря на то что обязанности таких устройств кажутся несерьезными (с ними человек справляется легко), для их создания потребовались тысячи часов упорной работы ученых и инженеров.

► **Робот-официант в ресторане Бангкока.** Несмотря на высокую стоимость, подобные машины набирают большую популярность во всем мире. Тысячи человек сделают выбор в пользу ресторана, заказ в котором им принесут роботы. Хотя бы из любопытства



Предшественники роботов

ПРООБРАЗАМИ РОБОТОВ БЫЛИ МЕХАНИЧЕСКИЕ МАШИНЫ, ПРОСТЫЕ ПО МЕРКАМ XXI ВЕКА, НО УДИВИТЕЛЬНО ПРОГРЕССИВНЫЕ ДЛЯ СВОЕГО ВРЕМЕНИ.

Считается, что первая механическая машина, способная двигаться и выполнять действия без вмешательства человека, была создана в IV веке до нашей эры Архитом Тарентским. Механика не относилась к главным увлече-

ниям древнегреческого математика, однако именно он смастерил механическое устройство, ставшее прообразом будущих роботов. Его деревянный голубь, движение которому придавал пар, пролетел около 200 метров.



► Архит Тарентский

ТОЛЧОК К РАЗВИТИЮ

Если изобретение Архита было скорее игрушкой, то машина Ктезибия, еще одного древнегреческого механика, носила прикладной характер. Его водяные часы, созданные в конце III века до нашей эры, нельзя назвать роботом в современном понимании этого слова, однако именно они дали толчок к развитию механических устройств. На протяжении многих поколений часы Ктезибия считались самыми точными в мире, а механизм, приводящий их в действие, стал источником вдохновения для многих механиков и изобретателей.

◀ **Водяные часы Ктезибия.** Несмотря на то что механизм часов состоит из небольшого количества деталей, заставить их работать точно невероятно сложно. Вода, поступающая из постороннего источника по трубке (1), капала из глаз фигурки (2), равномерно попадая по трубке (3) в резервуар (4). При накоплении воды в камере поплавков (5) поднимал вверх фигурку (6), указывающую палочкой время на цилиндрическом циферблате (7). В конце суток вода по трубке сифона (8) вытекала из наполненного резервуара (4), вращая зубчатое колесо и тем самым поворачивая цилиндр (7) вокруг вертикальной оси на $\frac{1}{365}$ часть окружности. В результате указатель показывал новую дату. Ктезибий учел, что в зависимости от времени года количество дневных и ночных часов меняется: это нашло отражение в специальной разметке кривых «часовых» линий

