

ЛЕКЦИЯ 1

Робототехника – область науки и техники, ориентированная на создание роботов и робототехнических систем, предназначенных для автоматизации сложных технологических процессов и операций, в том числе, выполняемых в недетерминированных условиях, для замены человека при выполнении тяжелых, утомительных и опасных работ.

Объектами профессиональной деятельности являются роботы и робототехнические системы как промышленного, так и непромышленного назначения, а также необходимое программно-алгоритмическое обеспечение для управления такими системами, их проектирования и эксплуатации.

1. Краткая история робототехники

Основной причиной, заставляющей человека развивать новые сферы науки и техники, является присущее ему с давних пор стремление улучшить свою жизнь и возможности во взаимодействии с внешней средой. Характер такого взаимодействия весьма разнообразен и может быть не только трудным, но и физически непосильным. Поэтому с незапамятных времен люди мечтали изобрести различные инструменты, механизмы, машины с целью облегчения своего труда, повышения качества и производительности.

Вначале это были мечты, существовавшие в мифах, сказках, преданиях. Известен, например, древнегреческий миф о создании богом огня Гефестом двух рабынь из золота, прислуживающих ему, а также золотых треножников, выполнявших простейшие команды типа: принести, подать, унести. При раскопках гробниц фараонов археологи обнаруживали усыпальницы детей, где были найдены куклы с подвижными руками и ногами. Это первое свидетельство о стремлении людей сотворить искусственного человека.

По мере развития цивилизации мечты начали воплощаться в такие технические решения, как различные механизмы и машины, автоматы для открывания дверей храмов, автоматы для продажи «святой» воды и т.п. В 16 в. до н.э. римский император Витрувий сформулировал следующее определение машины: «машина есть взаимосвязанное соединение деревянных частей, обеспечивающее наибольшую выгоду при поднятии тяжестей. Она приводится в действие искусственно». Первые автоматы, использующие энергию воды и воздуха, были описаны Героном Александрийским в работе «Пневматика» около 120 лет до нашей эры. Он же написал первую книгу «Механические проблемы». В 1500 г. Леонардо де Винчи создал механического льва, который при въезде короля в город открывал герб Франции.

С течением времени механизмы совершенствовались, на основе различных механизмов делаются попытки создания не только человекоподобных автоматов, но и моделей животных и птиц. Известна, например, искусственная утка французского механика Жака Вокансона (1736 г.), которая подобно живой могла прыгать, плескаться в воде, кричать, клевать и даже переваривать пищу при помощи скрытых внутри нее химических веществ. Известны автоматы швейцарского часовщика Жаке-Дроза «Писец», умеющий писать, и «Флейтист», умеющий играть 11 мелодий. В 1827

г. В Санкт-Петербурге демонстрировался «Храм очарований или механический, физический и оптический кабинеты». Чудеса начинались с лестницы – искусственная женщина начинает играть на валторне, если кто-то заходит на площадку. У входа в зал кланялись механические слуги. Если кто-то садился на диван – слуга-автомат выносил поднос с напитками.

Создание механических автоматов потребовало от человека знания законов механики и позволило определить основные функциональные элементы самодействующей техники: движитель, механизм взаимодействия, рабочий инструмент, пусковое устройство. Появилось обоснованное представление о системе как совокупности элементов, которые находятся во взаимосвязи друг с другом, влияют друг на друга и на систему в целом.

Механизм любой машины состоит не из одного, а из нескольких тел, соединенных между собой так, чтобы движения рабочих органов машин было определенными. Каждые два звена (элементарные составляющие) механизма, сочлененные друг с другом, образуют кинематическую пару. Пары различаются формой и количеством связей, наложенных на сочлененные ими звенья. В пространственном движении тело имеет шесть степеней свободы и, следовательно, для придания движению определенности нужно наложить на него пять связей. Такое количество связей могут наложить шарнир, ползун, винт-гайка. Три степени свободы разрешает и, следовательно, накладывает три связи, сферический шарнир.

Кинематической цепью называется последовательность связанных попарно звеньев. Механизм можно образовать не только из замкнутой кинематической цепи, но и из разомкнутой, примером является манипулятор и его прообраз – человеческая рука. С точки зрения механики рука представляет собой разомкнутую кинематическую цепь, состоящую из ряда звеньев (костей), связанных между собой кинематическими парами (суставами).

Существуют механизмы с несколькими ведущими звеньями, в общем случае число ведущих звеньев может совпадать с числом степеней свободы механизма. Таким образом, механизмом называется такая кинематическая цепь, в которой при заданном движении одного или нескольких звеньев относительно любого из них все остальные совершают однозначно определяемые движения.

Каждый механизм должен иметь возможность передавать и преобразовывать движение и работу так, чтобы на выходе они приобретали необходимые кинематические и динамические параметры. После того, как построена кинематическая цепь, необходимо определить скорость и ускорение движения всех точек, которые могут интересовать конструктора, а также угловые скорости и ускорения звеньев. Полученные величины позволяют определить передаточные отношения соответствующих механизмов. Противоположная задача - построение механизма по заданным условиям его работы – является принципиально иной: она многозначна. Для решения одной и той же кинематической задачи можно применить различные механизмы, которые могут содержать и разные кинематические пары.

Во времена И.Ньютона и Л.Эйлера были открыты силы взаимодействия. Они являются причиной изменения скоростей движения тел, их формы, состояния, состава и пр. Исчезновение сил равнозначно исчезновению реальных объектов. Силы пропорциональны ускорениям. Работа, произведенная источником энергии, передается на ведущее звено, а затем и на ведомое, к которому приложена технологическая нагрузка. Кроме нагрузки есть еще силы вредного сопротивления, например, силы трения. Каждое звено и механизм должны удовлетворять условиям прочности. Упругость, а также некоторые характерные особенности кинематических пар, соединяющих звенья, вносят в движение еще одну неопределенность, которую нельзя недооценивать. Речь идет о механических колебаниях, которые возникают в процессе работы. Колебания могут снизить точность исполнения операций, поэтому их необходимо гасить.

В XVII-XVIII веках механические автоматы создавались на основе часовых механизмов, в XIX веке на основе паровых двигателей, а с первой половины XX века на базе электромеханических и электронных устройств. Но самые совершенные орудия труда пришли на помощь человеку с открытием явления обратной связи и познанием его основных закономерностей. Первая конструкция автоматического регулятора появилась в 1510 году (регулятор подачи зерна на водяных мельницах), в 1760 г. И.П.Ползунов разработал регулятор уровня, в 1784 г. Джеймс Уатт получил патент на регулятор скорости оборотов. Таким образом, первые попытки введения обратной связи в механических системах были сделаны в XVI-XVIII веках.

Обратная связь – это воздействие результатов функционирования какой-либо системы (объекта) на характер этого функционирования. Подробно свойства обратной связи были изучены Христианом Гюйгенсом в 1657 году. Он исследовал обычные пружинные часы с маятником, выяснив, как зависит ход часов от длины, положения массы маятника.

Обратная связь позволила создать сервомеханизмы. Основная функция сервомеханизма заключается в создании переменного выходного сигнала той же переменной формы, какой обладает и переменный входной сигнал с тем условием, что энергия, связанная с выходным сигналом, должна заимствоваться из местного источника, а не поставляться непосредственно входным сигналом. Таким образом, сервопривод является усилителем с обратной связью, в котором причина, приводящая систему в действие, зависит от разности выходного и входного сигнала.

Работа машин и механизмов с обратной связью поддается точному описанию и расчету. Занимается этим особое направление науки – теория автоматического регулирования.

IX век, Багдад. Ученый звездочет Аль-Хорезми по приказу халифа пишет книгу, в которой учит как делить наследство. Чтобы было понятно, он ввел цифровое исчисление, которым мы пользуемся до сих пор. Но существуют и другие системы счисления, в которых основанием является не 10, а какое-либо другое число, например, 2 (двоичная система), 8 (восьмеричная), 16. Изобретение двоичной системы история приписывает китайскому императору Фо Ги, жившему 3400 лет до нашей эры.

Появление различных систем счисления привело к необходимости механизации счета. С этой целью были созданы китайские и отечественные счеты. Около 1300 г. каталонский философ Р.Луль предложил схему логической машины, примерно в 1660 г. Шиккард (профессор Тюбингенского университета) изобрел первую счетную машину. Затем Г.Лейбниц (1647-1716), один из основоположников современной математики, создал счетную машину, на которой можно было производить все четыре арифметических действия. Г.Лейбниц разработал основы математики не только непрерывных, но и дискретных процессов.

С целью более глубокого познания свойств окружающего мира изобретались приборы и устройства, расширяющие не только физические, но информационные возможности людей. В середине 40-х годов XX века появились первые успехи в создании и развитии устройств микроэлектроники. А в середине XX века появился новый класс машин - электронные вычислительные машины, усиливающие интеллектуальные возможности человека.

Основное правило, по которому производятся вычисления в ЭВМ, - это последовательность выполнения элементарных логических операций. Сложная задача, решаемая на ЭВМ, расчленяется на отдельные простейшие логические операции, выполнение которых происходит в простых электронных устройствах – ячейках. Первые методы перевода математических действий на язык командных вычислительных машин были предложены Дж.Фон Нейманом. Это привело к созданию стандартных схем и цепей для построения машинных входов. В последующем менялась лишь элементная база.

Бурное развитие микроэлектроники позволило резко сократить стоимость и массово - габаритные характеристики электронных схем, способных выполнять сложные математические и логические операции, повысить их быстродействие и надежность работы в тяжелых условиях. К началу 60-х годов независимо друг от друга были созданы дешевые и быстродействующие мини- и микроЭВМ, весьма развитая телевизионная аппаратура и большое количество датчиков. В результате этого появилась возможность легко встраивать вычислительные устройства в самые различные машины и приборы. К числу устройств микроэлектроники, работающих совместно с механическими системами машин, наиболее часто относят интегральные схемы, большие и сверхбольшие интегральные схемы, а также другие микроминиатюрные приборы. Главную роль играют программируемые интегральные схемы, среди которых видное место занимают микроминиатюрные вычислительные устройства – микропроцессоры.

С древних времен человек погружен в мир информации. Слово «информация» происходит от латинского «informatio», что означает разъяснение, изложение. Когда-то это слово обозначало сведения, передаваемые устно, письмом, или каким либо другим способом (дым костров в Древней Греции, сигнальные флаги на кораблях и т.п.). В 1928 г. Р.Хартли впервые ввел понятие информации в науку. В наше время информацию передают телефон, радио, телевидение, книги, газеты и т.п.

Процесс передачи информации почти всегда связан с проблемой кодирования ее в месте передачи и декодирования в месте приема. Теоретическая ветвь развития машинного языка вырастает из работ английского математика Дж.Буля (1815-1864), создавшего алгебру высказываний. С помощью булевой алгебры можно анализировать работу рефлекторных автоматов и осуществлять их системотехническое решение.

Бистабильные элементы связаны с применением принципа «да-нет» и развитием теории электрических контактных схем. Возможность синтеза структуры позволила творчески подойти к созданию автоматов. К абстрактному конечному автомату оказалось удобным применить и еще одну абстракцию в виде черного ящика, имеющего конечное число дискретных внутренних состояний, входов, выходов. Для логико-математического описания черного ящика была предложена совокупность правил, определяющих переход из одного состояния в другое, а также его выход в любой момент времени. Такая совокупность правил была названа алгоритмом, а дисциплина, изучающая их, - теорией алгоритмов.

Прямой аналог системы, которая реализовывала бы универсальный алгоритм, виделся в образе человеческого мозга. В 1943 г. У.Мак-Калон и У.Питс (массачусетский технологический институт) создали абстрактную модель нейрона, С.К.Клини (Висконсинский университет) доказал теорему о поведении нейронной сети. Рассматривая аналогию между нервной системой, вычислительными машинами и системами автоматического регулирования, ученые развивали теорию алгоритмов, которая затем стала одним из теоретических истоков вычислительной математики.

Для решения различных задач потребовалась разработка разнообразных языков программирования. Многие ученые начали работать в этом направлении. Широко известны Д.Скотт, автор языка программирования ЛИСП, ставшего одним из главных инструментов искусственного интеллекта, А.Н.Колмогоров, предсказавший появления трансляторов (средств машинного перевода с одного языка на другой), А.А.Ляпунов, разработавший операторный метод программирования и другие. Программирование стало научной дисциплиной, изучающей способы реализации алгоритма работы ЭВМ и его записи (на одном из языков программирования) в виде программ.

В 1920 году чешский писатель Карел Чапек пишет пьесу под названием «Россумские универсальные роботы». На Всемирной выставке в 1933 г., открывшейся в Чикаго с целью показать достижения техники за последние 100 лет, был представлен робот, который продевал нитку в иголку. В отделе «медицина» макет мужчины читал лекцию о процессе пищеварения. Во время лекции он расстегивал жилет и показывал часть грудной клетки и живота.

В 1958 г. американская фирма «Пленит корпорейшен оф лансинг» изготовила одну из первых моделей механической руки, названной планоботом. Назначение – загрузка, разгрузка станков. Рука имела 45 программируемых положений кисти и запястья. В 1961 г. фирма «Дженерал электрик» изготовила хардимена (стойкого человека), который мог поднимать и переносить груз до 453,6 кг. В 1962 г. американские фирмы «Юнимейшен инкорпорейтед» и «АМФ Версатран» создали первые промышленные роботы. Наряду с этим появились первые дистанционно управ-

ляемые руки – телехирики. В 1970-75 гг. появились мобильные автооператоры с элементами искусственного интеллекта, управляемые от ЭВМ.

Появление в 70-х годах микропроцессорных систем управления позволило снизить стоимость роботов в три раза, сделав рентабельным их массовое внедрение в промышленность. Этому способствовали также следующие объективные предпосылки развития производства:

- рост затрат на рабочую силу;
- насыщение рынка товаров и обострение конкурентной борьбы;
- дефицит рабочих на опасных, тяжелых и монотонных работах;
- неполная загрузка оборудования;
- снижение рождаемости в развитых странах и повышение образовательного уровня;
- необходимость повышения качества продукции, экономии материалов и энергии.

Со времени появления первого промышленного робота прошло три бума роботизации. Первый начался в 1968 г. с применением микропроцессоров для управления роботами и быстро закончился из-за ненадежности и несовершенства роботов первого поколения. Второй бум связан с появлением адаптивных роботов в 1972 г., когда возможности робототехники начали расширяться. Появление в 1980 г. роботов с элементами искусственного интеллекта стало началом третьего бума промышленной робототехники.

Эффективность от применения ПР достигается только при комплексном подходе к созданию и внедрению ПР. Единичное внедрение промышленных роботов – нецелесообразно. Только расширенное применение ПР будет оправдано как технологически, так и экономически и социально. Применение ПР позволяет переходить к многостаночному обслуживанию, а следовательно и к экономии рабочей силы и к работе оборудования в две и три смены. Изменяется также и роль рабочего – он становится более квалифицированным специалистом – наладчиком, оператором.

Применение ПР позволяет решать не только экономические, технические, но и социальные вопросы, особенно в случае необходимости замены рабочего на участках с вредными условиями труда. Применение роботов позволяет значительно улучшить качество выпускаемой продукции. Качество машины оценивается совокупностью специально подобранных показателей (или критериев), выбор которых определяется ее служебным (функциональным) назначением. Машины нового поколения должны отвечать таким общим критериям, как отношение цена/качество, высокая надежность и безопасность функционирования, гибкость и быстрая реконфигурация при переходе на новое изделие.

К числу современных требований к функциональным и техническим показателям модулей и машин в первую очередь следует отнести:

- выполнение качественно новых служебных и функциональных задач,
- сверхвысокие скорости движения конечного звена машины – ее рабочего органа, что определяет новый уровень производительности технологических комплексов,
- компактность модулей и движущихся систем, миниатюризация конструкций,

- ультрапрецизионные движения модулей с целью реализации новых прецизионных технологий вплоть до микро- и нанотехнологий,
- новые кинематические структуры и конструктивные компоновки многокоординатных машин,
- интеллектуальное поведение систем, функционирующих в изменяющихся и неопределенных внешних средах,
- выполнение пространственных движений по криволинейным траекториям и реализация сложных законов перемещения во времени

По мере развития робототехники появились гибкие производственные системы, обеспечивающие полную автоматизацию технологического цикла. Теоретическую основу робототехники составляют два направления: синтез управляемых механических устройств и управление механическими устройствами с помощью электроники.

В последние годы в робототехнике происходят качественные изменения, основанные на использовании достижений новой науки – мехатроники. Мехатроника – это область науки и техники, основанная на синергетическом объединении узлов точной механики с электронными, электротехническими и компьютерными компонентами, обеспечивающая проектирование и производство качественно новых модулей, систем и машин с интеллектуальным управлением их функциональными движениями.

2. Терминология в области робототехники

Единого, общепринятого определения современных роботов пока не существует. Однако многие определения похожи друг на друга и в том или ином виде отражают тот факт, что робот активно взаимодействует с внешней средой и проявляет при этом некоторые элементы разумности. Например, в технической литературе можно встретить такое определение: робот - это автономно функционирующая универсальная автоматическая машина, предназначенная для воспроизведения определенных физических, двигательных и умственных функций человека, наделенная теми или иными средствами обратной связи (слухом, зрением, осязанием и т. п.), а также способностью к обучению и адаптации в процессе активного взаимодействия с окружающей средой.

В настоящее время разработан ряд нормативных документов и руководящих материалов по терминологии в робототехнике: ГОСТ 25686 - 85 "Манипуляторы, автооператоры и промышленные роботы. Термины и определения", стандарт СЭВ 5948 -87 "Роботы промышленные. Термины и определения", Технический отчет международной организации стандартизации ИСО 8379 "Манипуляционные промышленные роботы. Словарь", терминология, разработанная комиссией по проблеме "Робототехника и автоматизированное производство" "Теория робототехнических систем. Терминология".

Некоторые термины и определения из терминологии "Теория робототехнических систем. Терминология":

РОБОТОТЕХНИКА - область науки и техники, связанная с созданием, исследованием и применением роботов. Робототехника охватывает вопросы проектирования, программного обеспечения, очувствления роботов, управления ими, а также роботизации промышленности и непромышленной сферы.

РОБОТ - многофункциональная перепрограммируемая машина, для полностью или частичного автоматического выполнения двигательных функций аналогично живым организмам, а также некоторых интеллектуальных функций человека. Под "перепрограммируемостью" понимают возможность замены, коррекции или генерации управляющей программы автоматически или при помощи человека. К роботам не относятся, в частности, автооператоры, а также копирующие манипуляторы и другие машины, управляемые только человеком - оператором.

ПРОМЫШЛЕННЫЙ РОБОТ - робот, предназначенный для выполнения технологических и (или) вспомогательных операций в промышленности.

Различают также в зависимости от специфики применения роботы непромышленного назначения, например, "пожарный робот", "сельскохозяйственный робот", "военный робот" и т.д.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОМЫШЛЕННЫЙ РОБОТ - промышленный робот для выполнения технологических переходов, операций, процессов, оснащенный рабочим или измерительным инструментом.

ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ ПРОМЫШЛЕННЫЙ РОБОТ - промышленный робот для обслуживания технологического оборудования, перемещения объектов, оснащенный захватным устройством.

СПЕЦИАЛЬНЫЙ РОБОТ - робот для выполнения одной операции одного вида.

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ РОБОТ - робот для выполнения различных операций одного вида.

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ РОБОТ - робот для выполнения различных операций различных видов.

ЖЕСТКОПРОГРАММИРУЕМЫЙ РОБОТ - робот, управляющая программа которого, введенная на этапе программирования, не может быть изменена в процессе работы в зависимости от функционирования робота и (или) контролируемых параметров рабочей среды.

АДАПТИВНЫЙ РОБОТ - робот, управляющая программа которого может автоматически меняться в процессе работы в зависимости от функционирования робота и (или) контролируемых параметров рабочей среды. Не следует смешивать понятия "адаптивный робот" и "очувствленный робот". Последний, обладая датчиками внешней информации, может не иметь средств автоматического изменения управляющей программы в процессе функционирования.

ИНТЕЛЛЕКТНЫЙ РОБОТ - робот, управляющая программа которого может полностью или частично формироваться автоматически в соответствии с поставленным заданием и в зависимости от состояния рабочей среды.

МАНИПУЛЯЦИОННЫЙ РОБОТ - робот для выполнения двигательных функций, аналогичных функциям руки человека.

СТАЦИОНАРНЫЙ МАНИПУЛЯЦИОННЫЙ РОБОТ - манипуляционный робот, закрепленный на неподвижном основании.

МОБИЛЬНЫЙ РОБОТ - робот, способный перемещаться в рабочей среде в соответствии с управляющей программой. "Мобильный робот" может быть снабжен манипулятором. К мобильным роботам не относятся передвижные манипуляционные роботы, которые могут быть оперативно перемещены в рабочей среде вручную или при помощи транспортных средств с ручным управлением.

РОБОТИЗИРОВАННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС - совокупность одного или нескольких промышленных роботов, другого технологического оборудования и оснастки для выполнения единого технологического процесса.

РОБОТОТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА – комплекс роботов и соответствующего оборудования.

Такие системы разделяются на манипуляционные, мобильные и информационные.

Главными отличительными чертами роботов от традиционных средств автоматизации являются гибкость, адаптивность, интеллектуальность и универсальность.

Под гибкостью роботов понимают способность их управляющей системы быстро переобучаться на выполнение новых операций путем перепрограммирования движений роботов в режиме обучения их управляющей системы.

Адаптивность роботов характеризуется способностью быстро реагировать на внешние и внутренние возмущения и автоматически приспосабливаться к изменяющимся условиям функционирования. Эту способность определяют, прежде всего, средствами их «очувствления», т.е. количеством и характеристиками датчиков внутренней и внешней информации, а также алгоритмическим и программным обеспечением самонастройки (адаптации) управляющей системы.

Интеллектуальность роботов заключается в их способностях решать задачи интеллектуального характера: анализ сложных изображений и сцен, распознавание образов, планирование движений и операций, диагностика состояний и т. п.

Универсальность (многофункциональность) роботов позволяет решать не одну, а целый класс производственных задач.

Можно выделить четыре поколения роботов. Роботы первого поколения – это роботы с программным управлением, предназначенные в основном для выполнения определенной, заранее запрограммированной последовательности операций, диктуемой тем или иным технологическим процессом. Управление роботами первого поколения осуществляется по жесткой программе, формируемой в режиме обучения с помощью оператора. Функциональные возможности роботов первого поколения ограничены малым ассортиментом датчиков и несовершенством системы программного управления. Применение роботов первого поколения возможно лишь при достаточно детерминированных и неизменных условиях. Для организации таких условий необходимо допол-

нительное технологическое оборудование, стоимость которого зачастую сравнима со стоимостью самого робота.

Роботы второго поколения – это роботы с адаптивным управлением. Они отличаются от роботов первого поколения существенно большим ассортиментом датчиков внешней информации и более сложной самонастраивающейся системой автоматического управления, построенной на базе микропроцессорной техники и управляющей ЭВМ. Система очувствления формирует сигналы обратной связи для системы управления, которая, обрабатывая полученную информацию, синтезирует и корректирует закон управления механизмами робота с учетом реально сложившейся обстановки. Закон управления может иметь ситуационный характер и тогда его синтез сводится к формированию связей «класс ситуаций – действие». Более совершенным является такой способ управления, при котором сенсорное управление дополняется алгоритмом автоматической самонастройки его параметров.

Роботы второго поколения значительно превосходят по своим возможностям роботы первого поколения благодаря возможности воспринимать внешнюю обстановку, анализировать сенсорную информацию и приспосабливаться к изменяющимся условиям эксплуатации. Такие роботы могут манипулировать неориентированными деталями, осуществлять сложные сборочные операции, реагировать на препятствия в рабочей зоне.

Третье поколение – это роботы с интеллектуальным управлением от ЭВМ. Они принципиально отличаются от роботов второго поколения сложностью функций и совершенством системы автоматического управления, включающей в себя те или иные элементы искусственного интеллекта. Такие роботы предназначены не столько для имитации физических действий человека, сколько для автоматизации его интеллектуальной деятельности.

Отличительной чертой интеллектуальных роботов является их способность к обучению на опыте и адаптации в процессе решения задач. В общем случае интеллектуальный робот способен вести диалог с человеком, формировать в себе модель производственной обстановки. Распознавать и анализировать ситуации, обучаться понятиям и навыкам, планировать поведение, строить программные движения двигательной системы и осуществлять их надежную отработку в условиях препятствий и неполной информированности об изменяющихся производственных условиях.

В связи с быстрым развитием нейрокомпьютеров и нейросетевых технологий появилась возможность создания роботов четвертого поколения – роботов с нейронными системами управления. Принципы нейронного управления в значительной степени аналогичны принципам работы мозга и нервной системы человека. Такие системы не программируют заранее. Они обучаются и самоорганизуются на решение различных двигательных, информационных и интеллектуальных задач.

Контрольные вопросы:

1. Какую область науки и техники занимает робототехника?

2. Из чего состоит механизм?
3. Что называется кинематической цепью?
4. Что такое сервомеханизм?
5. Каковы основные определения робототехники?
6. Каковы причины повышения рентабельности применения роботов?
7. Сколько поколений роботов Вы знаете?
8. Чем отличаются между собой поколения роботов?
9. Каковы этапы развития робототехники?
10. Что представляет собой наука мехатроника?
11. Какими характеристиками отличаются интеллектуальные роботы?
12. Чем отличаются роботы второго поколения?
13. Что понимается под гибкостью роботов?