

ОПЫТ СОЗДАНИЯ АНТРОПОМОРФНОГО РОБОТА

В области робототехники последнее десятилетие отмечено устойчивым ростом интереса к созданию человекоподобных (антропоморфных) шагающих роботов. Интерес этот связан прежде всего с тенденцией создания безлюдных технологий с элементами искусственного интеллекта как в гражданской, так и в военной областях, а также персонального робота - партнера человека. Наибольших успехов в этом направлении добились фирмы Японии. Их многолетняя целенаправленная работа позволила создать ряд образцов роботов с поразительными характеристиками и возможностями.

Работа в этом направлении ведутся и в России, хотя и менее интенсивно. Одним из предприятий имеющих собственные разработки антропоморфного робота является Санкт-Петербургское ОАО «Новая ЭРА». Результатом работы сектора робототехники этого предприятия за последние два года было создание в 2002 году сначала полномасштабного макета робота АРНЭ-01, а затем, в 2003 году, двух роботов АРНЭ-02, которые впервые представлены на Военно-Морском салоне в июне того же года в Санкт-Петербурге.

На этапе работ по созданию макета АРНЭ-01 решались следующие основные задачи:

- проверка геометро-кинематических параметров компоновки;
- проверка конструктивных решений элементов опорно-двигательного аппарата;
- поиск и проверка вариантов технологии изготовления несущих элементов конструкции;
- проверка и отработка систем программного управления движением;
- проверка систем электропривода;
- моделирование и отработка на макете различных вариантов походки робота;
- разработка и адаптация ПО управления различными подсистемами робота;
- подготовка кадров.

Состав макета робота АРНЭ 01:

1. Несущая оболочковая конструкция с элементами силового электропривода в шарнирах.
2. Силовой электропривод на базе двигателя постоянного тока мощностью 10Вт с волновым редуктором, энкодера, потенциометрического датчика положения исполнительного органа, драйвера и двухканального унифицированного контроллера KR1-04, разработанного ОАО «Новая ЭРА».
3. Система управления на базе ПК.
4. Блок вторичных источников электропитания и блок коммутации.
5. Система технического зрения с одной (в перспективе – двумя) цветными видеокамерами.
6. Система контроля устойчивости, включающая блоки тактильных датчиков на каждой стопе, а также блок гироскопов и датчиков линейных ускорений.

Несущая оболочковая конструкция макета выполнена из полиамида. Подвижные сочленения элементов конструкции реализованы 1, 2 и 3-х степенными шарнирами с независимым приводом по каждой координате. Двадцать шесть электроприводов макета позволяют выполнять программное перемещение в пространстве (ходьбу), движение руками, захват предметов хватом кисти рук и ее поворот, ориентацию видеокамер по азимуту и углу места. Питание осуществляется от внешнего источника постоянного тока +24 В, 10 А. Габариты робота АРНЭ 01: 1375x635x400 мм, вес – 32,6 кг, число степеней подвижности – 26.

Внешний вид представлен на рис.1, его кинематическая схема – на рис.2.

Экспериментальные работы с макетом позволили проверить основные конструктивные и технологические решения, опробовать программное обеспечение, промоделировать варианты походки и программного перемещения конечностей, проверить статическую устойчивость.

Определены оптимальные по критериям устойчивости значения параметров ходьбы: величина шага – 60мм; скорость прямолинейного перемещения – 0,3м/мин; темп ходьбы – 4 шага/мин.

Необходимо отметить, что все исследования проводились в области статической походки с чередованием двухопорного и одноопорного состояния макета робота. Величина шага, скорость перемещения и манипуляций конечностями ограничивались мощностью приводов и источников питания.

На основе приобретенного опыта удалось сформулировать основные технические требования к полномасштабным роботам АРНЭ-02. При их создании основное внимание было сосредоточено на повышении энерговооруженности и на поиске решений в области дизайна внешнего облика. Некоторым изменениям подверглась и кинематическая схема. Изготовлено два практически идентичных экземпляра робота – АРНЭО и АРНЭЯ, отличающиеся только цветовым оформлением и тембром голоса.

Учитывая различную требуемую мощность в шарнирах нижних и верхних конечностей, а также условия компоновки, были разработаны и изготовлены два типоразмера приводов. Они состоят из трехфазного вентильного двигателя оригинальной конструкции с условным диаметром 50 и 70 мм мощностью 16 и 60Вт [1], покупного волнового редуктора с передаточным отношением 110 и 160 соответственно и оптоэлектронного датчика положения ротора (энкодера). Это позволило сконструировать компактные 1,2 и 3-х степенные шарниры с независимым приводом по каждой координате. В состав робота входят 20 силовых вентильных привода и 8 миниатюрных приводов постоянного тока (также с встроенными редукторами).

Кинематическая схема представлена на рис.3. В отличие от макета, плечевые шарниры получили по одной дополнительной степени подвижности, а два поясных шарнира удалены и их функции частично переданы бедренным шарнирам. Изменилась конструкция схватов. Пяти палый схват имеет отдельный привод большого и группы остальных четырех, движущихся синхронно, пальцев.

Состав робота АРНЭ-02:

1. Несущая оболочковая конструкция с элементами силового электропривода в шарнирах;
2. Силовой электропривод на базе трехфазного вентильного двигателя с волновым редуктором, энкодера, потенциометрического датчика положения исполнительного органа, драйвера и двухканального унифицированного контроллера KR1-04.
3. Система управления на базе ПК.
4. Блок вторичных источников электропитания и блок коммутации.
5. Система технического зрения с цветной аналоговой ПЗС видеокамерой и радиоканалом связи с управляющим ПК.
6. Система контроля устойчивости, включающая блоки тактильных датчиков на каждой стопе, блок гироскопов и датчиков линейных ускорений.
7. Речевой процессор с радиоканалом связи с управляющим ПК и встроенными в оболочку головы динамиками.
8. Система голосового управления с внешним радиомикрофоном.
9. Радиоканал Blue Tooth™ связи с управляющим ПК через интерфейс RS232.
10. Блок автономного питания.
11. Элементы диагностики и индикации.

Система управления имеет пять уровней [2]. Пятнадцать управляющих контроллеров на процессорах DSP56F805 фирмы Motorola связаны в общую сеть CAN. Эле-

менты первых трех и частично четвертого уровня управления входят в состав робота, остальные реализованы внешним ПК.

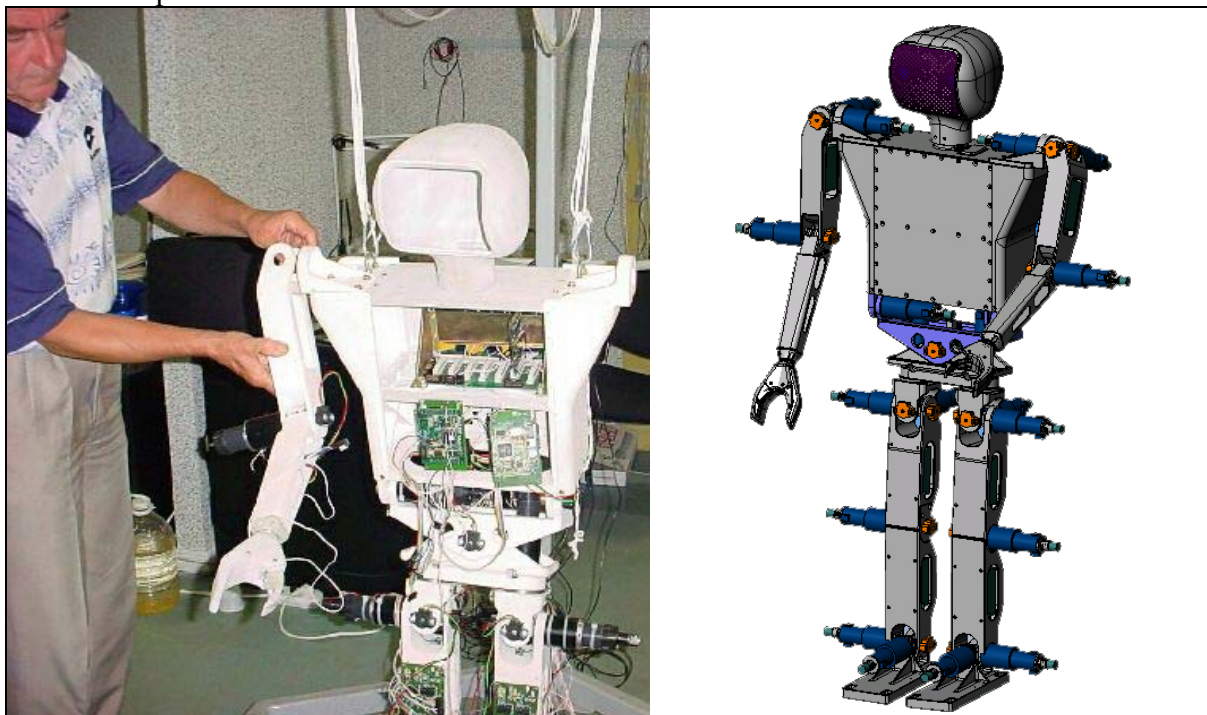


Рис. 1

Конструкция робота разработана в трехмерном графическом редакторе Solid Works 2001, что позволило изготовить несущие оболочковые элементы из стеклонаполненного полиамида методом прототипирования (процесс MDM) на установке SS2500+. Во внутренних полостях конечностей размещены контроллеры и драйверы силового электропривода; в грудной полости - блок гироскопов и датчиков линейных ускорений, контроллеры тактильных датчиков и управляющие, блок коммутации, блок вторичных источников питания, радиоканал Blue Tooth™ и элементы индикации.

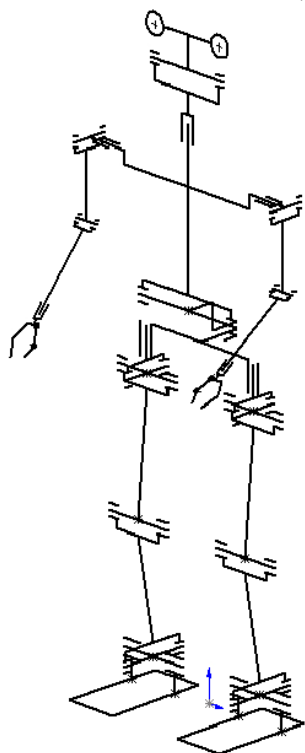


Рис. 2

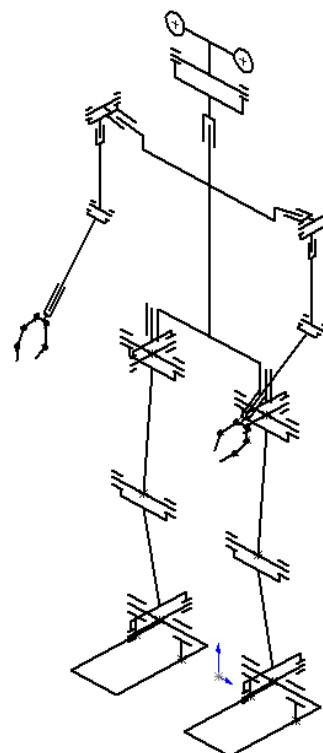


Рис. 3



Рис. 4

Видеосистема, речевой процессор, динамики и привод ориентации видеокамер скрыты в головной части под прозрачным экраном. В съемной панели спины установлены аккумуляторы блока автономного питания 24 В, емкостью 22А*ч, обеспечивающего 30 минут работы. Приведем некоторые параметры робота АРНЭ 02: габариты – 1235 x 520 x 315 мм, вес – 65 кг, число степеней подвижности – 28.

Внешний вид робота АРНЭ 02 представлен на рис. 4 (фотография), а на рис.5 – его компьютерная модель.

Применение новых силовых приводов в шарнирах позволило значительно увеличить диапазон угловых перемещений конечностей и, тем самым, расширить кинематические возможности робота. Экспериментально получены следующие параметры ходьбы:

- величина шага – 140 мм;
- скорость прямолинейного перемещения – 0,8 м/мин;
- темп ходьбы – 6 шагов/мин.

Изменения, внесенные в кинематическую схему верхних конечностей, сделали их более подвижными, а новый вариант кистевого схвата позволяет захватывать и удерживать цилиндрические предметы диаметром 20 – 70 мм и весом до 0,5 кг.

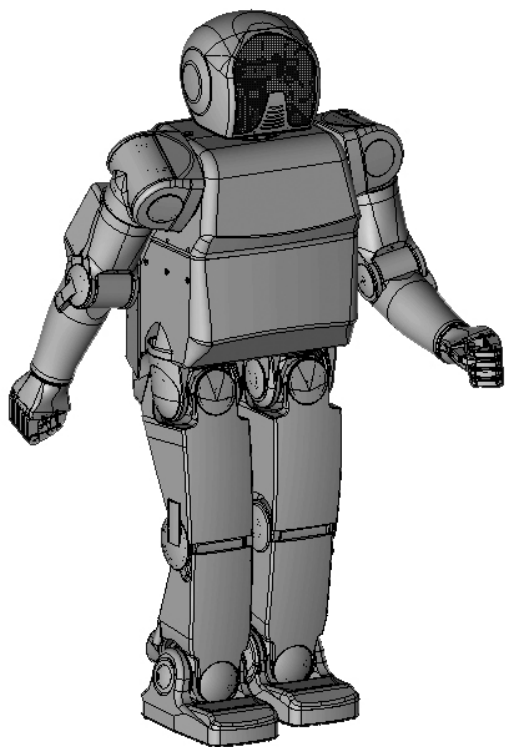


Рис. 5

Система технического зрения может распознавать цветные объекты, вычислять их координаты в системе координат видеокамеры и определять положение робота относительно реперных точек.

Система голосового управления распознает команды оператора, переданные по радиомикрофону, и формирует управляющее задание. В настоящее время можно распознать около 20 различных команд.

Речевой процессор содержит в своей памяти ряд сообщений предупреждающего характера и используется для повышения безопасности работы с роботом. Кроме того, он транслирует принятые по радиоканалу сообщения (фразы) синтезированные управляющим ПК.

Демонстрация роботов на Военно-Морском салоне в Санкт-Петербурге привлекла внимание широкого круга посетителей и прошла успешно. Однако в условиях ограниченного времени, не удалось полностью отработать систему динамической устойчивости и задействовать все

пять уровней системы управления. Поэтому заявленное участие наших роботов в чемпионате мира RoboCup 2003, который проводился в Италии, ограничилось их заочной презентацией.

Подводя итог проделанной работы, можно положительно оценить полученные результаты. В короткий срок удалось создать работоспособную конструкцию с привлекательным дизайном, и тем самым, обеспечить базу для отработки программного обеспечения, проверки новых принципов управления и всевозможных идей, а также для совершенствования элементов самого робота.

Следует подчеркнуть, что создание роботов в ОАО «Новая ЭРА» проводилось в тесном сотрудничестве с представителями технических университетов Санкт-Петербурга, с привлечением аспирантов и студентов старших курсов к решению конкретных задач. Это дало возможность: студентам – получить хорошую практику и приобрести опыт работы; научным сотрудникам – проверить свои наработки и новые идеи, а полученные результаты использовать в учебном процессе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. DSP Controlled Drives with Embedded Permanent Magnet Synchronous Motors for Biped Walking Robot. **D.D.Mordovchenko, A.V.Iakovlev, A.G.Mikerov, A.N.Doroshenko, V.V.Djankhotov**. Proceedings of St.Petersburg IEEE Chapters, 2003, pp 78-81. SPb ETU “LETI” Publishing House.
2. **Станкевич Л.А., Тихомиров В.В.** Управление устойчивой походкой антропоморфного робота. Труды XIV НТК «Экстремальная робототехника». – СПб.: СПбГТУ, 2003.
3. **Д.Д. Мордовченко, Л.А. Станкевич, А.В. Яковлев.** Опыт разработки антропоморфных роботов и программ-агентов по футболу роботов на фирме «Новая ЭРА», Санкт-Петербург. Тезисы доклада на семинаре «Робототехника и мехатроника». – М.: изд-во «Новые технологии», 2004.

*Поступила в редакцию 02.12.2003
После доработки 03.06.2004*