

УДК 004.896:681.513.672

*А.И. Шевченко, С.В. Мащенко*

Институт проблем искусственного интеллекта, г. Донецк, Украина

## Мобильный робот «Интеллект-12»

В статье приводится краткое описание мобильного робота «Интеллект-12». Представлены аппаратное и программное обеспечения, конструкция маневренного шасси и двухзвенного манипулятора. Охарактеризованы системы управления и технические параметры робота.

### Введение

Экстремальная и промышленная робототехника интенсивно развивается в большинстве развитых стран. Важным фактором этого выступает угроза техногенных катастроф и террористических актов. Целью разработки является мобильный маневренный робот для выполнения работ в радиационно, химически, бактериологически опасной среде, для работы со взрывоопасными предметами. Кроме того, важной функцией робота является отработка на его базе принципов и систем управления подобными роботами.

Робот предназначен для выполнения сложных операций в автономном режиме или при дистанционном управлении, и поэтому к нему предъявляются требования хорошей управляемости и эффективного маневрирования.

Поскольку задача разработки роботов очень объемна, было решено конкретизировать и ограничить её реализацией в маневренном роботе следующих функций:

- эффективное маневрирование,
- ввод речевого сигнала и распознавание речевых команд,
- ввод видеоизображений и их анализ,
- синтезированная речь,
- контроль и регулирование движения,
- планирование движения,
- радиointерфейс,
- звуковая и световая сигнализация о состоянии аппаратуры,
- автоматическая многорежимная система электропитания,
- система локальной ориентации,
- манипулятор.

Для распознавания речевых команд, подающихся оператором, и анализа видеoinформации используется программное обеспечение, разработанное специализирующимися по этим вопросам отделами института: Отделом распознавания зрительных образов и Отделом распознавания речевых образов.

## Шасси робота «Интеллект-12»

Шасси мобильного робота «Интеллект-12» разработано на основе конструкции шасси робота «Интеллект-9» [1] путем его модификации. Такое шасси, в отличие от автомобильного, легко обеспечивает различные виды поворотов и разворотов при доступных технических средствах управления.

Компоновка шасси состоит из ведущей и ведомой тележек. Ведущая тележка оснащена ходовыми двигателями, обеспечивает маневрирование и управление. Ведомая тележка обеспечивает грузоподъемность и полезную площадь для размещения агрегатов и грузов. Колеса ведомой тележки устанавливаются на амортизаторах. Можно сказать, что ведущая тележка – это тягач, а ведомая – сменяемый прицеп, размеры и форма которого могут быть различными в зависимости от решаемой задачи. На рис. 1 показана схема ведущей тележки, где введены следующие обозначения: К – колеса, О – проекции вертикальных осей вращения колес, Д – двигатели, Р – редукторы. Габаритные размеры ведущей тележки 640х740х340 мм.

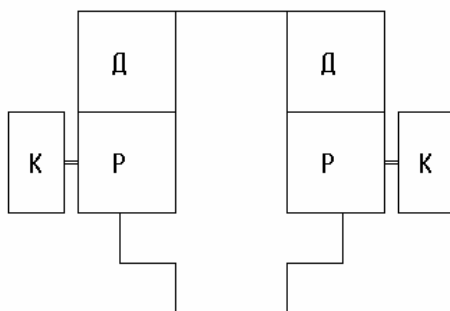


Рис. 1. Ведущая тележка

На рис. 2 приведена схема варианта шасси 6-колесного робота, которое обеспечивает грузоподъемность и вместе с тем маневренность и разворот на месте. Габаритные размеры такого шасси 1770х740х480 мм.

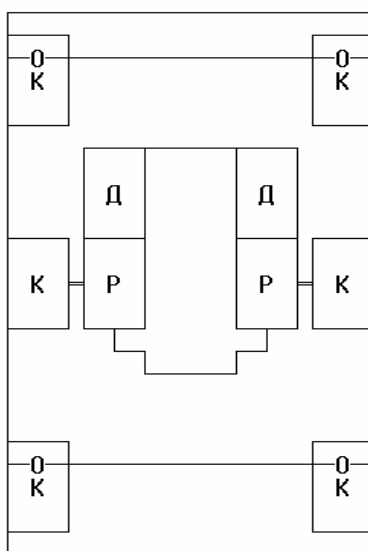


Рис. 2. Схема шасси 6-колесного робота

На рис. 3 показан малогабаритный вариант шасси. Буквой *К* обозначены съемные колеса, обеспечивающие движение тягача без ведомой тележки. Габаритные размеры этого варианта 1060x740x340 мм.

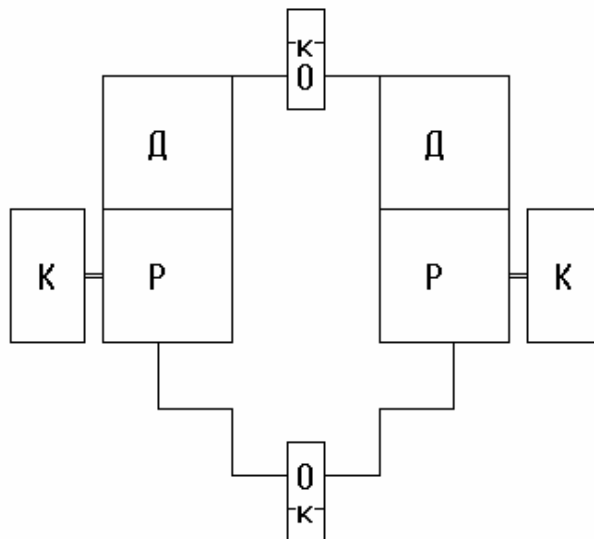


Рис. 3. Малогабаритный вариант шасси

На рис. 4 приведен компактный вариант шасси с габаритными размерами 1300x740x480 мм. За базовый вариант принят компактный вариант шасси. В конструкции шасси использованы преимущественно сплавы алюминия.

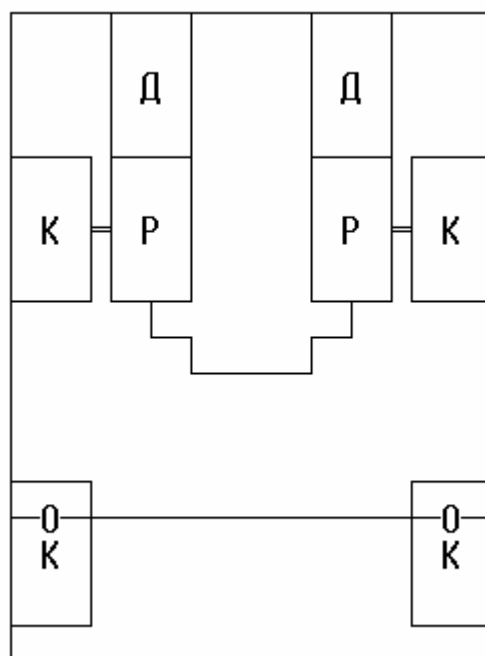


Рис. 4. Компактный вариант шасси

Для реализации приведенного варианта шасси требуется только 2 двигателя с редукторами, что упрощает механику и систему управления.

Управление такими N-колесными шасси описано, например, в [2]. Легкое вращение такого шасси на месте позволяет обходиться без поворотной механики, что упрощает конструкцию и снимает проблему точного определения положения вращающихся частей относительно неподвижных. Общий вид робота «Интеллект-12» приведен на рис. 5.

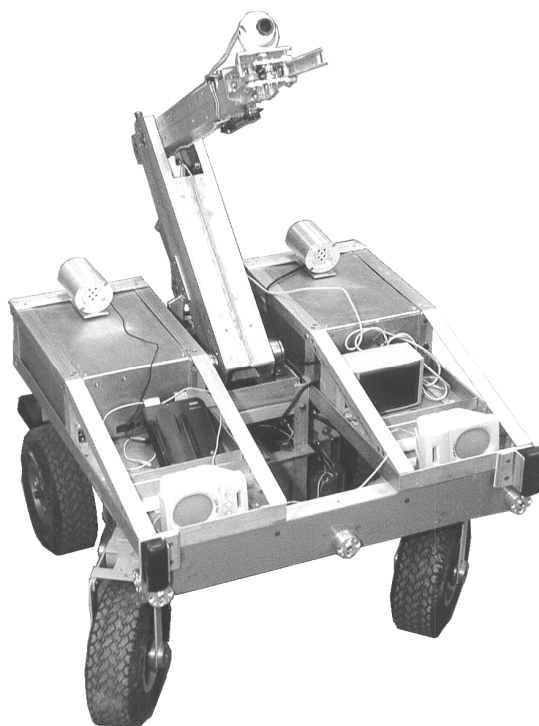


Рис. 5. Общий вид робота «Интеллект-12»

## Аппаратная часть маневренного робота

Структурная схема аппаратной части робота «Интеллект-12» (рис. 6) представляет собой дальнейшее развитие структурной схемы малогабаритного робота «Интеллект-9».

В центре схемы материнская плата (МП0) с микропроцессором Pentium, к которой для наращивания функциональных возможностей робота могут дополнительно подключаться аналогичные платы МП1, МП2 ... Через звуковую карточку и радиointерфейс (РИ) к МП0 подключен приемопередатчик (ПП), сообщающийся по радиоканалу с радиопультотом (РП), что в целом обеспечивает ввод команд радиуправления и речевого управления. Через периферийный интерфейс (ПИ) подключаются датчики препятствий (ДП).

Электродвигатели (ЭД) подключены через интерфейс движения (ИД), регулирующее устройство (РУ) и силовое устройство (СУ). На ЭД установлены датчики вращения (ДВ). Датчики используются для локального определения перемещения робота [3].

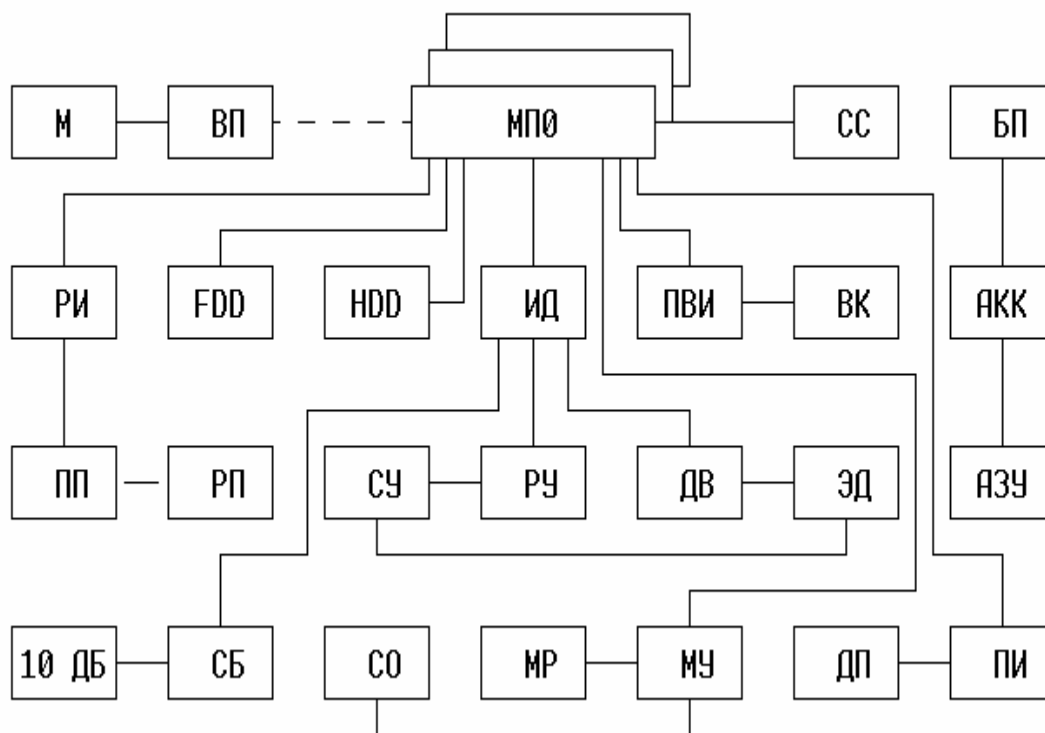


Рис. 6. Структурная схема аппаратной части робота

Видеокамеры (ВК) подключены через плату ввода изображения (ПВИ). К МПО подсоединены средства сигнализации (СС) и через стандартные интерфейсы – накопители на гибких (FDD) и жестких дисках (HDD). Причем установлен ударопрочный HDD на специально сконструированных амортизаторах.

При наладочных работах подсоединяется клавиатура (на структурной схеме она не показана) и через видеоплату (ВП), монитор (М). Аппаратура робота питается от герметичных аккумуляторов (АКК) через блок питания (БП). Зарядка АКК производится автоматическим зарядным устройством (АЗУ), которое, поддерживая рациональный режим работы аккумуляторов, обеспечивает надежную работу всей системы. В структуру введены система локальной ориентации (безопасности) (СБ) с датчиками безопасности (ДБ); модуль управления (МУ); манипулятор (МР) и модуль угла обзора (МО). Для системы распознавания изображений установлена отдельная плата с микропроцессором Pentium (МП1).

Аппаратная часть робота открыта для наращивания и модификации.

## Программное обеспечение маневренного робота

Структурная схема программного обеспечения маневренного робота «Интеллект-12» (рис. 7) представляет собой дальнейшее развитие структуры малогабаритного робота. Отдельные программные модули представляют собой результат переработок после многочисленных испытаний. Введено большое количество новых модулей.

Программное обеспечение содержит ядро программной системы робота, включающее драйверы для взаимодействия с аппаратурой робота и средства переключения задач, а также набор программного обеспечения для решения ряда задач.

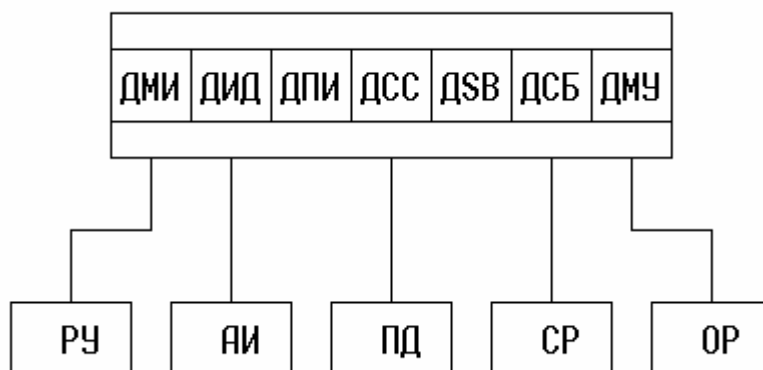


Рис. 7. Структурная схема программного обеспечения

В настоящее время разработаны: драйвер многофункционального интерфейса (ДМИ), драйвер интерфейса движения (ДИД), драйвер периферийного интерфейса (ДПИ), драйвер средств сигнализации (ДСС), драйвер устройства SoundBlaster (ДСВ), драйверы системы безопасности (ДСБ) и модуля управления (ДМУ). В состав программного обеспечения робота включены также следующие прикладные задачи: речевого управления (РУ), планирования движения (ПД), синтеза речи (СР) и ориентирования робота (ОР).

При управлении движением учитывается скорость, пройденный путь и направление движения.

Стабилизация курса робота производится с помощью двухкритериального алгоритма регулирования. Для уменьшения погрешности управления, возникающей вследствие проскальзывания колёс, применено плавное изменение скорости. Алгоритмы управления отлажены как на малогабаритном, так и на грузоподъемном роботах.

Реализованное аппаратное и программное обеспечение предполагает следующие технические характеристики, которые перечислены в табл. 1.

Таблица 1

Технические характеристики маневренного робота «Интеллект-12»

Скорость движения	0.12 – 1.0 м/с
Скорость разворота	36– 96 гр/с
Емкость аккумуляторов	114 А/ч
Преодолеваемый подъем	25 гр
Габариты базового варианта	1300x770x580 мм
Точность контроля вращения колес	1 гр

## Манипулятор с системой управления

Для робота «Интеллект-12» была выбрана двухзвенная кинематическая структура манипулятора, обеспечивающая плоское перемещение центра захвата. Объемная рабочая область достигается за счёт поворота шасси робота вокруг своей оси.

Структура с двумя вращательными парами обладает рядом преимуществ. Используется меньшее число подшипников, возможна установка приводов как непосредственно на звеньях, так и на основании, манипулятор может занимать меньший объём по сравнению со схемой с поступательными парами. К этой кинематической структуре добавлена ориентирующая подвижность захвата вокруг продольной оси с диапазоном поворота 90 градусов.

Задачей системы управления манипулятором является обеспечение его безопасной работы в режимах ручного и автоматического управления. Для этого реализованы следующие функции:

- сбор информации о крайних и текущих положениях звеньев манипулятора;
- сбор информации о контакте звеньев манипулятора с окружающей средой;
- аппаратная блокировка действий, разрушающих манипулятор или среду; силовое дискретное и широтноимпульсное управление электродвигателями манипулятора;
- прием и выполнение команд от других систем робота;
- передача информации о положении звеньев другим системам робота.

Система управления имеет модульную структуру и состоит из силового модуля, интерфейса, модуля сбора информации, кроссового модуля и распределенных средств сбора информации и блокировки нежелательных действий. Для определения точного положения звеньев разработаны комбинированные позиционно-счетные датчики на оптоэлементах.

Система также содержит средства обслуживания цифровой видеокамеры, которая устанавливается на манипуляторе, схему управления фокусным расстоянием объектива и импульсный источник питания камеры. Система управления манипулятором обеспечивает ориентирование камеры по высоте и по углу возвышения при наведении робота на цель по данным системы распознавания зрительных образов.

В модулях реализованы аппаратная защита от выхода из строя при заторможенной работе электродвигателей, от коротких замыканий и сквозных токов коммутирующих мостов.

## Система локальной ориентации

Система локальной ориентации робота обеспечивает дистанционное обнаружение препятствий поступательному (вперед-назад) и вращательному движению робота для своевременного торможения и последующего объезда.

Система включает набор специально разработанных инфракрасных (ИК) и ультразвуковых активных датчиков, схемы синхронизации, сбора информации, интерфейсы и др. По периметру робота расположены 10 приемо-передающих ИК датчиков, 12 излучателей ультразвука и 8 приемников ультразвука.

Особенностью работы ИК датчиков является сильная зависимость дальности срабатывания от цвета препятствия. Кроме того, работа ИК системы

сильно затруднена при ярком солнце. Перечисленных недостатков лишены ультразвуковые датчики.

Действие ультразвуковой системы основано на эффекте Доплера. В начале разработки были опробованы ультразвуковые датчики различных типов. Датчик на эффекте Доплера показал себя наиболее подходящим для решения конкретной задачи. Схема программно управляема и обеспечивает как одновременную, так и выборочную работу элементов системы.

Время срабатывания системы – не более 0.06 с, ток потребления одного излучателя – не более 100 мА, вес системы – не более 2.5 кг.

## Заключение

В настоящее время робот «Интеллект-12» представляет собой сложную конструкцию, включающую 36 датчиков различных типов, свыше 10 электронных систем, манипулятор, и выполняет десятки функций. Основные технические решения построения аппаратных и программных средств были опробованы на малогабаритном и грузоподъемном роботах и постоянно совершенствуются.

В связи со сложностью конструкции усложняются проблемы электромагнитной совместимости и взаимодействия систем. Проведены разнообразные испытания робота, показавшие надежность, управляемость и маневренность.

Робот «Интеллект-12» – это довольно грузоподъемная конструкция, позволяющая передвигать полезный груз до 150 кг, может перемещать человека, поднимет манипулятором 15 кг, имеет запас мощности ходовых двигателей для преодоления препятствий и подъемов. Оснащен сложным программно-аппаратным обеспечением. Все это позволяет предполагать его эффективность при решении практических задач.

## Литература

1. Машенко С.В., Шинкарев И.В. Маневренный робот «Интеллект-9» // Искусственный интеллект. – 2000. – № 1. – С. 105-108.
2. Бурдаков С.Ф., Стельмаков Р.Э., Штайн С.В. Синтез траекторий и управление мобильными роботами в условиях неопределенности // Мат-лы конф. «Экстремальная робототехника». – СПб.: ГТУ. – 1997. – С. 198-209.
3. Рябинков В.А., Чинаев П.И. Датчики и приборы очувствления роботов. – 1991.

The article have been given a briefly description of mobile robot «Intellect-12». There were presented robot's hardware and software, the construction of the chassis and it's twobranch manipulator. There were characterized the systems of management and technical parameters of robot.

*Статья поступила в редакцию 26.07.02.*