

УДК 621.865.8

КОНЦЕПЦИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО МОБИЛЬНОГО РОБОТА

Новичихин Р.В., Шардыко П.П., Кустиков А.А.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

В последнее время в мире наблюдается бурное развитие мобильных роботов (МР). Они призваны устранить или сократить присутствие человека в опасных ситуациях и средах. Будучи оснащенными различными бортовыми средствами, они превращаются в мобильные робототехнические комплексы (МРТК) специального назначения. В задачи таких МРТК может входить ликвидация последствий чрезвычайных ситуаций, ведение радиационной, химической и боевой разведки, предотвращение террористических актов (разминирование, охрана, прикрытие), исследование планет и пр. Некоторые из этих задач актуальны для РБ. Научный и производственный потенциал республики позволяет создавать МР самостоятельно.

Целью данной научно-исследовательской работы является разработка концепции базового МР, который служил бы единой основой для создания различных модификаций МРТК специального назначения. Кроме того, базовый комплект МР должен использоваться, в качестве универсальной экспериментальной установки для быстрого макетирования, исследования, испытания и доводки различных компоновок МР.

Для достижения этой цели решались следующие задачи:

- создание компьютерной базы данных по известным проектам и образцам МР;
- статистический анализ характеристик МР и применяемых технических решений;
- обобщение мирового опыта, выявление тенденции и перспективных направлений в развитии МР;
- разработка концепции базового МР на основе мирового опыта и с учетом условий, возможностей и имеющихся наработок в РБ.

Созданная база данных содержит подробные сведения, включая фотографии и схемы, по 100 образцам и проектам МР. Источниками информации служили открытые публикации и Internet. База реализована в среде Access. В базе данных используются следующие признаки классификации МР: назначение, функции, массогабаритные характеристики, маневренность и проходимость (база, просвет, колея, высота препятствия, радиус поворота, угол опрокидывания и скольжения), скорость, радиус действия, время автоном-

ной работы, тип привода, тип двигателя, тип источника энергии, способ управления, состав и характеристики информационной системы, наличие и характеристики бортового манипулятора, состав и характеристики специального оборудования.

В базе данных МР по назначению делятся на следующие группы:

- саперные (обследование, обезвреживание, разрушение, изоляция, буксировка),
 - пожарные (обследование, выявление, тушение, поиск людей, доставка средств защиты, эвакуация, расчистка или указание проходов),
 - спасательные (обнаружение, доступ, оснащение, инструктирование, эвакуация),
 - научно-исследовательские, включая планетоходы,
- разведовательные (обстановка, радиационное и химическое заражение),
 - охранные (стационарное наблюдение и патрулирование, досмотр, проверка наличия),
 - инженерные (расчистка, буксирование, обследование технического состояния, диагностика, ремонт),
 - боевые (поражение снайперов, доставка зарядов, целеуказание, прикрытие),
 - развлекательные (киносьемочные персонажи и муляжи, игрушки, спортсмены).

Общим требованием ко всем этим роботам является высокая мобильность и проходимость. Эти качества определяются прежде всего типом двигателя. В известных моделях РМ встречаются следующие решения по шасси: колеса (58%), гусеницы (36%), шагающий педипулятор (4 модели), катки (2), корпус — катящийся шар (1), корпус — шар со складывающимися лепестками (1), корпус — изгибающийся и «кувыркающийся» на присосках (1), толкающие рычаги — «кузнечик» (1), многосекционный корпус, перемещаемый по частям (1), воздушная подушка (1).

Основные решения по силовому приводу следующие: электродвигатели постоянного тока (95%), двигатель внутреннего сгорания, гибридный (ДВС — электрогенератор — электродвигатель). Соответственно, источниками энергии являются аккумуляторные батареи (70%) или топливо. Известны разовые случаи применения газотурбинного двигателя, солнечных батарей.

92% МР имеют только дистанционное управление, остальные — с элементами автономного автоматического управления, в том числе и с использованием искусственного интеллекта.

90% МР управляются по радиоканалу, 6% — по электрическому или оптоволоконному кабелю, остальные — чередуют или дублируют эти оба способа. Есть случаи управления лазерной ИК-системой.

Информационно-управляющая система обычно включает:

- телекамеры (переднего и заднего вида для вождения, обзорную, ближнего вида рабочей зоны манипулятора, иногда — вида реконфигурируемого или фронтального элемента шасси),
- датчики внутренней и внешней информации,
- средства визуализации и обратной связи (монитор, шлем с индикацией, динамик, вибратор и др.),
- органы управления перемещением, манипуляциями, спецсредствами (пульт, джойстик, руль, шлем с датчиком поворота, экзоскелетон и др.),
- приемо-передающая аппаратура,
- управляюще-вычислительный комплекс (промышленный компьютер, ноутбук).

Постоянный или съемный бортовой манипулятор имеют 78% МР. Обычно это антропоморфная конструкция с электроприводами на основании, с 5–6 степенями подвижности, грузоподъемностью 1–10 кг.

Средством доставки МР к месту действий обычно является: специально оборудованный микроавтобус, штатная транспортная или боевая машина, вертолет. Легкие разведывательные МР часто выполняются в носимом и бросаемом варианте. Рабочее место оператора может быть автономным или оборудовано в средстве доставки.

Другие характеристики МР: масса до 150 (65%) — 800 (30%) кг, скорость 1–20 км/ч, автономность 1–7 ч.

Обращает на себя внимание, что МР даже одного назначения отличаются большим разнообразием решений, особенно по ходовой и силовой части. То есть, на сегодня нет единого мнения о том, какие схемы должны применяться в тех или иных условиях. Многочисленные предложения и реализации недостаточно теоретически обоснованы, их практическая проверка осуществляется, как правило, безальтернативно. Опыт реального применения МР также еще недостаточен для однозначных рекомендаций. Преобладает мнение, что и в будущем для каждого применения необходимо будет опробовать по несколько вариантов, чтобы остановиться на лучшем. Вопрос, как обеспечить эту вариантность, остается открытым.

В результате анализа мирового опыта и располагаемых возможностей была сформулирована концепция базового МР для исследования, отработки вариантов и комплектования различных модификаций для практического применения. При разработке концепции учитывались наработки специали-

тов БНТУ (математическое и программное обеспечение манипуляторов, силомоментные сенсорные системы, комплексный электропривод, гидропривод, ходовая часть), ПСЗ «Оптрон» (мехатронный привод, мобильные транспортные средства), НПО «Гранат» (манипуляционные механизмы).

Особенностью предлагаемой концепции МР является его многофункциональность, модульность, трансформируемость, внутреннее очувствление.

Основой всех модификаций МР служит унифицированная одноосная транспортная секция с встроенными в каждую ступицу оси индивидуальным электроприводом.

На ступицу оси можно установить колесо, гусеничный каток, звездочку, шестерню или рычаг.

Комплект стыковочных узлов секций позволяет комбинировать различные варианты их соединения:

- жесткое соединение (рама),
- поступательное вертикальное соединение (ступенчатая или поддресоренная рама),
- телескопическое горизонтальное соединение (рама с переменной базой),
- шарнирное соединение (седельный, ломающийся или скручивающийся прицеп),
- приводное подвижное соединение («ломающаяся» рама).

Последний случай предназначен для резкого уменьшения габаритов и радиуса поворота МР в труднодоступных местах, для изменения геометрии гусениц при преодолении препятствий типа «бордюр», «ступеньки» и «барьер», для смещения края опорной поверхности относительно центра тяжести МР при преодолении препятствий типа «склон» и т.д. Для изменения взаимного углового положения секций используются электроприводы осей самих секций. Каждая секция может использоваться чисто как движитель, дополнительно нести источник энергии для себя и всех остальных секций, нести спецоборудование.

Относительная автономность секций, их вариантность исполнения, переменное количество и произвольный способ стыковки позволяют компоновать все известные, а также гипотетические схемы МР.

Помимо самоходного шасси на базе секций в механическую подсистему базового МР также входит:

- энергетические модули (аккумуляторный и гибридный),
- универсальная грузовая или монтажная платформа для спецоборудования,
- съемный бортовой манипулятор,

- магазин сменных рабочих органов для манипулятора.

Ориентировочные характеристики базового МР:

- грузоподъемность тележки — 120 кг,
- грузоподъемность манипулятора — 2,5 кг,
- время автономной работы — 2–5 ч,
- скорость перемещения — 0,5...20 км/ч,
- радиус действия — 100 м (кабель), 5 км (радио),
- привод — электрический постоянного тока,
- источник энергии — аккумуляторные батареи,
- движитель — колесный, гусеничный, рычажный, комбинированный,

(в том числе и с изменяющейся геометрией).

В настоящий момент проект находится в следующем состоянии: отрабатываются различные варианты конструктивного исполнения сочленения секций, проводятся расчеты и графическое моделирование для оценки проходимости различных комбинаций секций и для оптимизации их параметров, создается макет на базе серийного промышленного робота для отработки системы дистанционного управления манипулятором, уточняются основные тактико-технические характеристики базового МР.

УДК 621.311.017.004.18:683.3

АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ УЧЕТА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ И ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Москаленко А.А., Харлан С.Б., Позник Ю.Н., Кудина Г.А.

Белорусский национальный технический университет,

Концерн «Белэнерго»

Минск, Беларусь

Данные программы служат для учета оплаты, потребления и задолженностей за электрическую и тепловую энергию по предприятиям с группировкой по министерствам. Программа Долг98 состоит из двух частей: для областей и для районов. Программа Adolg98 имеет две базы данных: оперативную и архивную, то есть с накоплением. Это значительно усложняет программное обеспечение, но в то же время позволяет расширить функциональные возможности и обеспечивает гибкость для анализа и вывода данных за любой период времени.