

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ И АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ШАГАЮЩЕГО АППАРАТА

Семцов А. С., Гаревская Н. В., Сабодырь А. М.

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет),
г. Москва, Россия

Создание промышленных роботов-манипуляторов, способных заменить человека на многих участках современного производства, а также автоматических систем, которые могут быть использованы в условиях, опасных для человека, является актуальной научной и технической проблемой. Одним из важных классов робототехнических систем являются шагающие роботы, предназначенные для перемещения по труднопроходимой местности.

Изучению шагающих аппаратов посвящено множество работ. Актуальность этих исследований обусловлена тем, что существует ряд областей практического применения мобильных платформ с шагающим шасси, в которых проходимость колесных и гусеничных машин недостаточно.

Принципиальное конструктивное отличие шагающих машин от колесных и гусеничных состоит в движителе, обеспечивающем перемещение машины за счёт дискретного взаимодействия опорного звена (ноги) с грунтом. Главное эксплуатационное преимущество – проходимость в тех ситуациях, где колесные и гусеничные машины не в состоянии передвигаться или наносят непоправимый экологический вред.

Преимущества шагающего аппарата определяют его высокую сложность. Большое число управляемых степеней свободы аппарата требует сложной компоновки, разработки высокоэффективных приводов, специальной организации стоп, рассеивающих энергию удара, и т. д. Система управления должна обеспечить переработку информации о местности, принятие решений о характере движения и контроль за их реализацией. Именно создание системы управления аппаратом является центральной проблемой, так как опыт создания даже самых сложных систем автоматического управления невозможно непосредственно использовать для построения системы управления аппаратами подобного класса.

В работе рассмотрена концепция совместного инженерного и биологического подхода к построению шагающих роботов. Эта концепция сходна с физиологическими моделями управления движением в живых организмах. Сходство это основано на исследованиях российских ученых, проводимых в Институте Проблем Передачи Информации и последних исследованиях в области аранеологии. Поэтому, можно полагать, что композиционная концепция является биологическим подходом в робототехнике.

В соответствии с этой концепцией управление локомоционным процессом может быть представлено как иерархическая структура. На самом верхнем уровне находится блок принятия решений, так называемый «центральный мозг», в который стекается информация с блоков, стоящих на уровень ниже. Следующий уровень включает блок управления движениями (спинной мозг), блок обработки видеоизображения (техническое зрение) и блок обработки периферийной информации, поступающей с датчиков, набор которых зависит от конкретного технического предназначения аппарата. На предпоследнем уровне располагаются блоки управления каждой конечностью в отдельности, где формируются команды для каждого блока управления приводом сустава, стоящей на самом нижнем уровне. Горизонтальные связи внутри иерархического уровня отсутствуют. Иными словами, шагающий робот как единое целое может быть представлен композицией некоторого количества элементарных независимо функционирующих элементов, а локомоционный процесс результатом совместного действия этих элементов. Каждый элемент решает свою собственную задачу и таким путем вносит свой вклад в формирование локомоционного процесса.

Влияние на отдельный элемент такой системы действий остальных элементов представляется как возмущающее воздействие внешней среды. Цель элемента (в данном случае блока управления приводом сустава) состоит в компенсации этих возмущений. Выходной сигнал с датчика обратной связи блока управления приводом косвенным образом содержит в себе также и информацию о возмущениях, создаваемых другими суставами, следовательно, каналы связи между подобными блоками не требуются. В этом случае любые случайные возмущения внешней среды будут отработаны и учтены уже на самом низком уровне.

Такая концепция является наиболее эффективной с точки зрения разработки (можно вести исследования различных иерархических уровней параллельно), живучести (при выходе из строя одного элемента остальные продолжают функционировать) и ремонтпригодности аппарата (уменьшается время ремонта, его сложность и стоимость).

Отсутствие универсальных методов и алгоритмов построения движения шагающих роботов в произвольной среде и взаимодействия приводов, датчиков и системы управления, реализующей сложные адаптивные алгоритмы управления, приводит к тому, что современные шагающие машины обеспечивают запас статической устойчивости лишь при движении по горизонтальной плоскости или по опорной поверхности небольшого наклона (до 25 градусов) со сравнительно малыми неровностями, при этом приемлемая высота препятствий оказывается сравнимой с высотой дорожного просвета машины.

В ходе формирования облика выбран комбинированный – арахно-инсектоморфный тип кинематической схемы движителя, основанный на строении насекомых и пауков, что позволило повысить свойства проходимости аппарата, без потери статической и динамической устойчивости.

Конструкция данного шагающего аппарата представляет собой мобильную платформу с шестиногим шагающим шасси. К боковым сторонам несущего корпуса крепятся шесть одинаковых трёхзвенных ног симметрично по три с каждой стороны корпуса.

Каждая нога имеет пять степеней свободы, относительные перемещения в которых осуществляются электромеханическими приводами с обратными связями, позволяющими контролировать положение, скорость и момент на выходном валу, а так же температуру электромотора, что существенно понижает вероятность выхода из строя и дает широкие возможности для контроля и управления. В нижней части ноги находится контактный датчик касания поверхности, являющийся аналоговым триггером и набор тензометрических датчиков усилия, позволяющих определить силу взаимного влияния аппарата и окружающей среды в задаче преодоления сложных единичных препятствий.

В передней верхней, а так же задней верхней частях корпуса расположены двухступенная обзорная платформа, на которых крепятся камеры тактического обзора передней и задней полусфер. На верхней панели корпуса расположен многофункциональный двухзвенный манипулятор со сменной головной частью, имеющий 3 степени свободы. На конце свободного звена крепится система видеонаблюдения оперативно – тактического обзора. Сменные головные части представляют собой комплект независимых робототехнических систем, предназначенных для выполнения конкретной задачи (поднятие груза, сверление отверстий, обезвреживание детонаторов взрывных устройств и т. д.).

Внутри корпуса расположены: блок системы ведения огня, система управления вооружением, батарейный отсек, блок периферийных датчиков (оперативное зрение) и центральный контроллер, отвечающий за локомоционные процессы, навигацию, принятие независимых решений и связь с оператором, блок радиосвязи.

Кроме разработки конструкции шагающего аппарата в данной работе создана математическая модель, в полной мере отражающая динамику шагающего аппарата и учитывающая все внутренние механические процессы. Созданы алгоритмы управления шагающего аппарата и программное обеспечение для человека-оператора, управляющего

аппаратом. Приведенные результаты позволяют разработать модульную универсальную вычислительную систему для шагающих аппаратов.

По результатам работы можно сделать следующие выводы:

1. Рассмотрены общие проблемы формирования облика и проектирования шагающих аппаратов для технического обслуживания авиационных комплексов, а так же задачи, стоящие при построении математических моделей и численном моделировании алгоритмов движения шагающих платформ.

2. Определена концепция построения распределенной системы управления многозвенными механизмами.

3. В рамках определения облика системы выбран тип кинематической схемы в виде комбинированного – арахно-инсектоморфного движителя, что позволило повысить свойства проходимости аппарата без потери статической и динамической устойчивости.

4. Изучены и представлены основные характеристики их движения.

5. Построен макет шагающего аппарата.