

Основные результаты проекта, полученные на 2 этапе

На 2 этапе работ по проекту, в соответствии с логикой научного исследования, Техническим заданием и План-графиком, перед исполнителем стояли разработки математических и программных моделей управления позиционированием манипуляторов в составе ЭО МДРП, в том числе, с обеспечением работы в режиме двуручных операций, реализации режима кинестетического (податливого) обучения, реализации методов обучения робота операциям на основе некоторого набора знаний (навыков) о базовых элементах операций над объектами, в ходе выполнения Этапа 2 были разработаны принципы построения программно-аппаратного комплекса двуручного робота помощника. В основе принципов лежит модульная архитектура. В качестве приводов суставов используются законченные изделия – сервоприводы с интегрированной системой управления движением. Данные приводы позволяют гибко перестраивать конструкцию робота, позволяя собирать экспериментальный образец подобно конструктору. Для обеспечения безопасной работы для оператора реализовано так называемое кинестетическое (податливое) управление, при котором каждый сустав робота обладает достаточным запасом чувствительности к внешним воздействиям для того, чтобы своевременно детектировать нештатные режимы работы и ситуации (например, детектирование нежелательных ударов о препятствие). Для реализации возможности перемещения в пространстве используется система трехмерного зрения, которая предназначена как для детектирования препятствий и свободных зон при планировании маршрута перемещения, так и для наблюдения за рабочей зоной манипуляторов, определения препятствий на пути движения манипуляторов и определения положения предметов для выполнения манипуляций. По разработанным алгоритмам планирования движения манипуляторов, методов обучения навыкам, двусторонней передачи аудио и видео данных, планирования и управления движением мобильной платформы были реализованы программные модули. Выполнена разработка электронных модулей управления и механических узлов ЭО МДРП, разработана эскизная конструкторская и программная документация. Моделирование систем управления ЭО МДРП показало правильность и адекватность выбранных направлений исследований на Этапе 1. В целом, результаты моделирования доказали полноту реализованного функционала. ЭО МДРП обладает преимуществом над зарубежными роботами UR-3(5) компании UniversalRobotics и Baxter (Rehinkrobotics), благодаря наличию мобильной подвижной платформы и интегрированной системы трехмерного зрения, позволяющего выполнять сложные операции в условиях недетерминированности окружения и наличия препятствий в рабочей зоне.

В результате выполнения Этапа 2 ПНИЭР получены следующие значимые результаты:

а) виртуальная программная модель коллаборативного робота

Новизна заключается в том, что реализовано виртуальное окружение, позволяющее выполнять моделирование физического взаимодействия узлов разрабатываемого ЭО МДРП. Программная модель представляет собой совокупность модулей, включающих в состав: графический трехмерный движок, позволяющий в масштабе реального времени визуализировать конфигурацию манипуляторов и шасси ЭО МДРП; физический движок, учитывающий взаимодействие объектов, контактные взаимодействия с предметами и силовое воздействие на агрегаты манипуляторов в составе ЭО МДРП. Функционал частично реализован с использованием библиотек операционной системы роботов, выбранной на Этапе 1 в качестве возможной среды моделирования.

б) метод и программная реализация планировщика синхронного движения двух манипуляторов для работы в двуручном режиме

Разработан метод планирования траекторий сложно сочтенных движений двух манипуляторов при выполнении операций над общим(ми) объектом(ми). Для расчёта траектории движения в условиях присутствия препятствий использован оптимизации на основе быстро-растущих случайных деревьев при численном решении задачи инверсной кинематики. Взаимодействие двух манипуляторов выполняется в две фазы. На первой фазе манипуляторы работают независимо (подготовительная стадия операции), при этом методы управления движением эквивалентны управлению одиночными многосвязными манипуляторами. На второй фазе стыковки и выполнения синхронных операций над предметами манипуляторы работают согласовано. В дополнение к численному решению инверсной кинематической задачи добавляются исходные данные, получаемые от силомоментных сенсоров, устанавливаемых во фланце захватной головки. Таким образом, расчёт траектории «второго» («ведомого») манипулятора осуществляется на основе компенсации (податливости) внешних сил.

в) в ходе разработки программной модели кинематики и динамики ЭО МДРП была реализована виртуальная среда моделирования, и подана заявка на регистрацию программы ЭВМ, для которой были проведены дополнительные патентные исследования с целью определения патентоспособности и проверки на патентную чистоту. Проведённые дополнительные патентные исследования показали патентоспособность вновь созданного РИД, в результате были подготовлены материалы для заявки на программу для ЭВМ «Виртуальная программная среда моделирования двурукого коллаборативного робота».