

Основные результаты проекта, полученные на 4 этапе

На Этапе 4 в соответствии с разработанной ПМЭИ за бюджетные средства были проведены экспериментальные исследования ЭО АМЗ. В ходе экспериментальных исследований были подтверждены следующие гипотезы об облике ЭО АМЗ и принципах управления, принятые на Этапах 1 и 2 теоретических исследований:

- а) синхронизация движений (контроль распределенного давления) пальцев за счёт тактильных сенсоров приводит к адаптации по форме предмета
- б) применение эластичных тяг в дистальной фаланге приводит к улучшению надежности удержания предмета в захватной головке
- в) достаточности выбранного набора паттернов для удержания, заданного в ТЗ набора предметов
- г) для надёжного захвата предметов необходимо исполнительные звенья, участвующие в паттерне, разместить вокруг его геометрического центра предмета

Подтверждена правильность направлений исследований и подходов, разработанных на 1 и 2 этапах подходов к построению конструктивно-компоновочных и программно-аппаратных решений, разработаны микропроцессорные модули и реализовано системное и прикладное ПО на основе алгоритмов, разработанных на 2 этапе. Показана правильность реализации на этапе 3 принятых конструктивно-компоновочных и программно-аппаратных решений.

По результатам проведённых испытаний были выработаны рекомендации по доработке ЭО АМЗ для достижения заданных в ТЗ технических параметров.

За внебюджетные средства были проведены следующие работы:

1. Проведена корректировка технической документации программной части экспериментального образца антропоморфного манипулятора по результатам экспериментальных исследований. В результате доработки были внесены следующие изменения в техническую документацию:

- а) Изменение протокола обмена данными – повышение эффективности с учётом специфики соединения плат управления приводами посредством комбинации последовательных и параллельных соединений.
- б) Изменение принципа хранения паттерна для улучшения процедуры взаимной синхронизации траекторий движения исполнительных звеньев посредством разметки участков паттерна, в которых требуется обеспечить ожидание достижения целевого положения другими исполнительными звеньями;

2. Проведена корректировка технической документации составных частей экспериментального образца

антропоморфного манипулятора захвата в целом. В результате доработки были внесены следующие изменения в научно-технические решения ЭО АМЗ:

- а) Произведена перекомпоновка предплечья для избегания перекрёстных влияний гибких тяг от разных степеней свободы
- б) Произведено изменение диаметров шкивов для корректировки передаточного соотношения с учётом требований развиваемого усилия для замены бесколлекторных моторов на коллекторные.
- в) Установлена более толстая приводная нить (0.8мм вместо 0.5мм) для обеспечения большей нагрузочной способности
- г) Сокращено избыточное количество степеней свободы у дистальных фаланг для обеспечения адаптивности к

форме захватываемого объекта и снижения перекрёстных влияний эластичных тяг принято решение переделать принцип управления дистальной фалангой за счёт установки эластичной кинематически связанной тяги

д) Повышена точность определения углового положения исполнительных групп звеньев до 0.022 градуса.

3. Проведены работы по подготовке заявки на программу для ЭВМ «Программа управления кинематическими звеньями антропоморфного манипулятора захвата с контролем распределенного давления (ПО «ПрКЗЗУ-КРД»»).

4. Проведены подготовительные работы с целью популяризации результатов ПНИ. Разработаны презентационные материалы.

5. Проведена доработка роботизированной кисти на базе полученных технических решений ЭО АМЗ для использования в составе бионического протеза. Протез имеет 6 степеней подвижности с размещением приводов внутри фаланг пальцев.

6. Выполнена разработка подходов к управлению бионическим протезом на основе комплексной системы инерциальных сенсоров и электромиограммы.

В результате исследования эффективности захвата предметов с учётом ограничений на массу ЭО АМЗ была разработана кинематическая схема с 22 степенями подвижности (при 18 степенях свободы), что, в целом соответствует мировому уровню: DLR Hand II (22/18), SHUNK (18/9), Shadow С6М (22/22).

У представленных захватов система управления представляет собой лишь позиционное управление положением суставов, а для совершения сложных координационных действий требуется задействование вспомогательных вычислительных средств, в то время как у ЭО АМЗ так же присутствует интегрированная система управления захватом предметов.

Таким образом, результаты работ находятся на уровне не хуже мировых аналогов, при этом по отдельным параметрам присутствует превосходство аналогичных решений.

В ЭО АМЗ в качестве приводов используются бесколлекторные электродвигатели, обеспечивающие большую энергоэффективность при той же массе, что и у коллекторных приводов, используемых в указанных аналогичных решениях DLR Hand II, Shadow С6М, SHUNK.

В конструкции фаланг пальцев ЭО АМЗ используются тактильные матричные сенсоры на основе композита квантового туннелирования и позволяют не только определять величину внешнего усилия, но и направление. Среди представленных аналогичных решений схожим функционалом обладает только Shadow С6М, при этом в качестве тактильного сенсора используется вспомогательное устройство, заменяющее дистальную фалангу.