

УДК 629.78 : 681.51

## ПОСТРОЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ РОБОТА КОСМИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

© Краснобаев М.В., Толстель О.В.

e-mail: m.krasnobaev@gmail.com

Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта,  
г. Калининград, Российская Федерация

В ходе работ по теме «Разработка основных функциональных и мехатронных систем роботов для космического и напланетного использования» (уникальный номер ПНИЭР RFMEFI57815X0141) был создан и успешно прошёл исследовательские испытания [1], манипуляционный робот антропоморфного типа (РАТ), представленный на рис. 1, а).

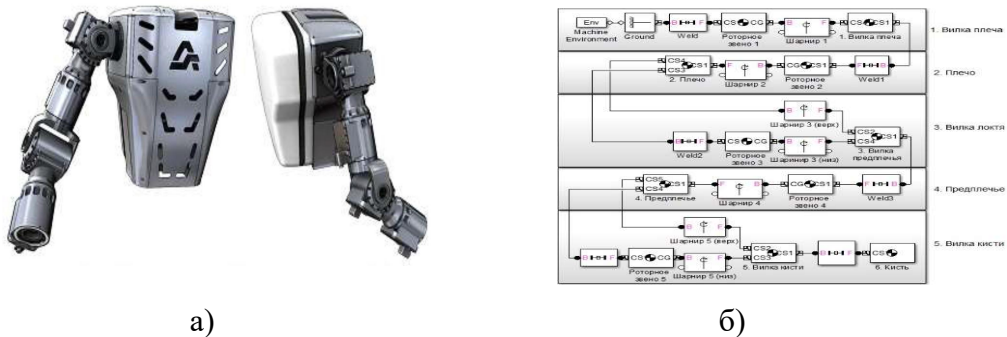


Рис. 1: а) внешний вид корпуса робота с манипулятором; б) компьютерная модель СУ АМ

Для формализованного представления и исследования процесса взаимодействия функциональных блоков системы управления антропоморфного манипулятора (далее СУ АМ) была разработана её компьютерная модель [2], в том числе, в виде системно связанных функциональных блоков в среде Simulink, фрагмент которой представлен на рис. 1, б).

В качестве исходной информации выступает задание на выполнение движения, формируемое программным способом. СУ АМ состоит из систем автоматического регулирования углового положения и угловой скорости звеньев манипулятора. Были выполнены следующие работы по разработке компьютерной модели:

1. Разработка мехатронной модели СУ АМ в среде SimMechanics (Рис.1, б);
2. Разработка компьютерной модели силовой электрической части системы управления РАТ в среде моделирования и симуляции физических систем SimScare;
3. Разработка позиционной системы управления звеньев СУ;
4. Разработка обобщенной компьютерной модели СУ АМ, которая объединяет в себе мехатронную, силовую часть и позиционную систему управления.

На основе созданных моделей была проведена верификация системы управления антропоморфным манипулятором. Результаты исследовательских испытаний [3] подтвердили правильность созданных компьютерных моделей.

Целью дальнейших исследований с созданной моделью СУ АМ является разработка методики построения СУ АМ, позволяющей автономно проводить манипуляции при выполнении рутинных повторяющихся типовых движений (т.н. «сценариев»), при работе с элементами космической техники, например при регламентных работах снаружи МКС или обслуживании спутников.

Проведены исследования управления манипулятором в режиме копирования действий оператора с помощью костюма управления, проанализированы полученные сигналы. Исследованы возможности использования в данной задаче некоторых технологий искусственного интеллекта, с учётом организации настройки СУ АМ в ходе обучения.

На основании проведённых исследований для перспективного интеллектуального управления было выбрано применение нечёткого контроллера. Для построения базы нечетких правил используется метод на основе численных данных. Построение базы нечетких правил происходит в несколько этапов. На первом этапе разделяется пространство входных и выходных данных. Входными данными в нашем случае являются конечное положение звена антропоморфного манипулятора, выходными данными – угол поворота звена. На следующем этапе происходит построение нечетких правил на основе обучающих данных. Оператор на специальном стенде производит необходимые действия при помощи управляющего костюма копирующего типа. Данные работы звеньев регистрируются в специальной базе данных. Из-за наличия правил с одинаковыми условиями, но разными следствиями, на следующем этапе происходит приписывание каждому правилу степени истинности. На последнем этапе происходит непосредственное создание базы нечетких правил. Способ построения представлен на рис. 2.

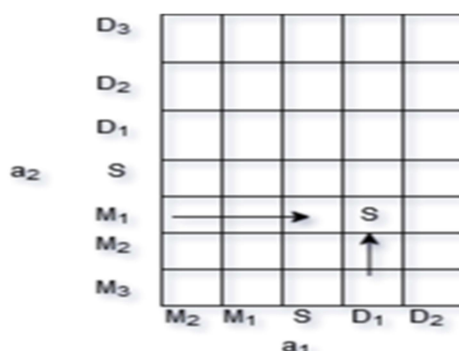


Рис. 2. Форма базы нечетких правил

База представляется таблицей, заполненной нечеткими правилами, которая заполняется следующим образом: если правило 1 ( $a_1(1), a_2(1), c(1)$ ): если  $a_1$  есть  $D_1$  и  $a_2$  есть  $M_1$ , то  $c$  есть  $S$ , то на пересечении строки  $D_1$  (терм переменной  $a_1$ ) и столбца  $M_1$  (терм переменной  $a_2$ ) вписываем имя нечеткого множества из следствия, т.е.  $S$  (терм выходной переменной  $c$ ). Далее база нечетких правил сохраняется в качестве файла .fis (формат Matlab fuzzy) и может использоваться в нечетком контроллере.

Таким образом при задании модели типа выполняемой операции и первоначальных координат система управления на основе нечетких правил будет в состоянии произвести необходимые действия без участия оператора.

### Библиографический список

1. Отчет о ПНИЭР «Разработка основных функциональных и мехатронных систем роботов для космического и напланетного использования» Этап 1, 2. – 2016. – URL: <http://rosrid.ru/nioktr/2EGWEZUKKH5DLK0NVFRIBHBU/>.
2. Control system of the anthropomorphous robot for work on the low-altitude earth orbit / I.M. Kutlubayev, A.A. Bogdanov, M.V. Krasnobaev et al.//International Journal of Pharmacy&Technology – 2016. – 09. – Vol. 8. – Pp. 18193–18199.
3. Anthropomorphous type robot control system research tests results / A.A. Bogdanov, A.A. Shponko, M.V. Krasnobaev et al.//Journal of Engineering and Applied Sciences – 2017. – 01. – Vol. 12 (13). – Pp. 3421–3426.