

# СИНТЕЗ АЛГОРИТМА И УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ РОБОТА-ГЕКСАПОДА НА ОСНОВЕ 3D МОДЕЛИ

---

*rl\_bgtu@intbel.ru*

**Малышев Д.И.,**

**Рыбак Л.А., д-р техн. наук, проф,**

**Л.Г. Вирабян**

*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова*

**Аннотация.** В статье рассмотрена задача моделирования движений, выполняемых роботом-гексаподом для реализации аддитивных технологий. Они предполагают послойную объемную 3D-печать изделий или получение покрытий. Для подавления вибрации в контуре управления предусмотрено использование акселерометра, установленного на рабочую платформу робота и передающего информацию на контроллер, корректирующий движение. Синтезированы алгоритм и программные модули для управления движением выходного звена. Алгоритм основан на принципе циклического построения управляющей программы и использования внутренних регистров в контроллере робота. Выполнение технологических операций послойной печати моделируется, визуализируется и редактируется с помощью специально разработанных программных модулей на компьютере пользователя, управляющего роботом-гексаподом.

**Ключевые слова:** алгоритм, робот-гексапод, моделирование, 3D печать, контроллер, программный модуль.

В робототехнике принято разделять кинематические структуры на 2 типа: последовательная и параллельная [1,2]. Последняя имеет ряд особенностей и преимуществ, в том числе жёсткость, более лёгкая конструкция, меньшие габариты чем у роботов с последовательной кинематикой, удовлетворяя при этом всем требованиям по точности. Достигается это благодаря взаимосвязанному перемещению штанг, идущих к исполнительному органу. В связи с вышеприведенными данными, теоретические и эмпирические разработки, и научные исследования, в данном направлении имеют большую перспективность.

Рассмотрим контроллер, применяемый на серии роботов с параллельной кинематической структурой [3]. Робот-гексапод,

выбранный для проведения экспериментов имеет высокие технологические характеристики, в том числе грузоподъёмность более 100 кг, точность позиционирования  $\pm 0,1$  мм, а также достаточную рабочую область (рис.1), для выполнения широкого спектра задач. В зависимости от необходимости выполнения различных операций, рабочим органом робота может быть целый ряд исполнительных механизмов. В частности, рабочим органом могут выступать экструдер для печати объёмных 3D-объектов, либо сопло для распыления различных веществ с целью получения определённых покрытий, либо обозначений на заготовке.

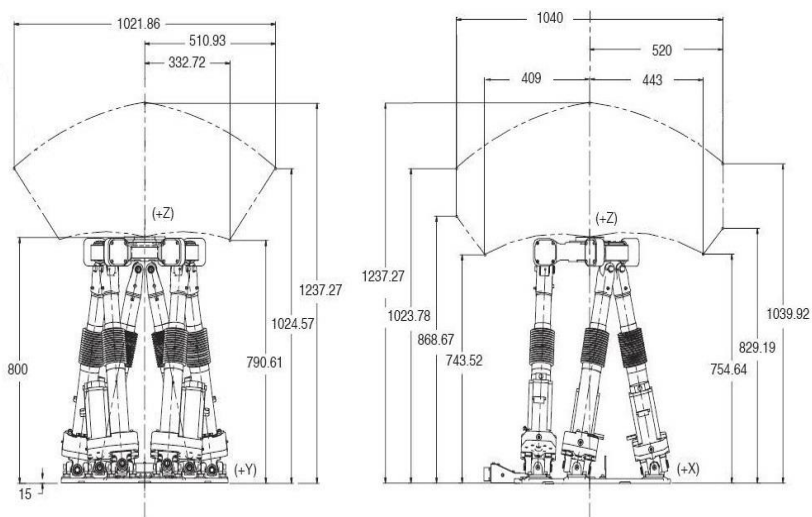


Рисунок 1 – Размеры рабочей области робота-гексапода

Возникает задача программирования робота, предусматривающая выполнение операций, включающих возвратно-поступательное движение выходного звена вдоль определённой оси, а также поступательные движения вдоль оставшихся осей после каждого цикла серии возвратно-поступательных движений (рис. 2).

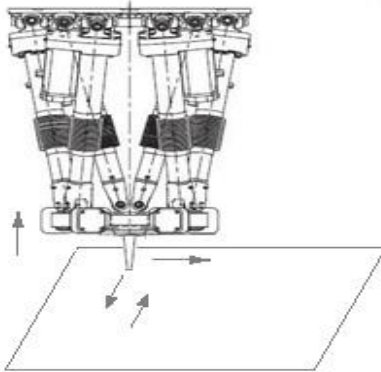


Рисунок 2 – Схема основных выполняемых движений при необходимой задаче

Разрабатываемый способ решения данной задачи – создание алгоритма (рис.3), построенного на использовании циклического построения программы, а также регистров, которым присвоены, либо присваиваются в ходе выполнения программы определённые значения. Большое число процессов, а также условий, входящих в алгоритм имеют внутри себя циклы и счётчики, которые позволяют выполнить поставленную перед блоком задачу. Кроме этого в алгоритм входят элементы, отвечающие за выставление регистрам стандартных значений в начале управляющей программы, либо, при необходимости, в ином месте, а также выполнение команд, таких, как возвращение выходного звена в «домашнюю» точку, расположенную выше зоны, в которой движется звено в ходе работы.

Робот-гексапод, на котором реализуется данный алгоритм, имеет 200 числовых регистров. 16 регистров являются служебными для данного алгоритма и используются для счётчиков и разграничителей слоёв. Остальные 184 числовые регистра используются для ввода исходных данных, характеризующих рабочий инструмент и геометрию получаемого покрытия, либо печатаемой детали. Ввод значений регистров может осуществляться вручную на пульте управления робота, либо с компьютера с помощью специальной программы, анализирующей геометрию и записывающей числовые значения в регистры робота.

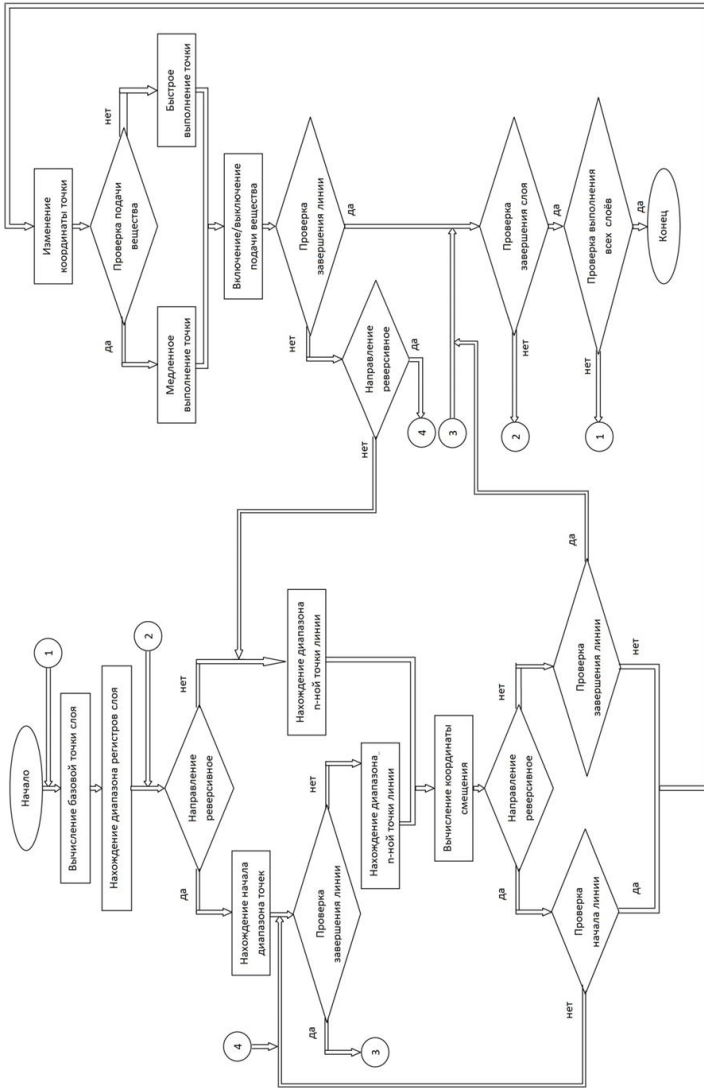


Рисунок 3 – Алгоритм для реализации поставленной задачи

В разработанном алгоритме применена система упрощённой записи значений координат. Рассмотрим запись координат геометрической фигуры (рис.4). Примем ширину распыляющего сопла 10 мм. Регистр R1 имеет значение 3110, что означает, что 110 мм от начала координат будет первой точкой в линии в ходе трёх проходов распыляющего сопла. Регистр R11 имеет значение 2000, что в свою очередь значит, что 2 раза третья точка в линии будет отсутствовать. Данный способ записи регистров значительно облегчает задачу оператора и не перегружает систему числовыми значениями, в случаях, когда требуется работать с линейными гранями, имеющими одинаковое значение по оси возвратно-посупательного движения исполнительного механизма.

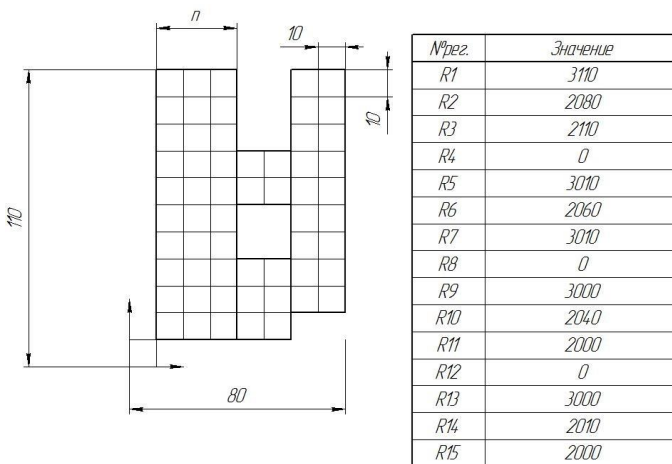


Рисунок 4 – Значения диапазона регистров для геометрической фигуры

Разработанный алгоритм является аналогом использования дорогостоящего специализированного программного обеспечения, включающего комплекс САЕ-модулей и постпроцессоров. Управляющая программа, построенная по данному алгоритму, имеет ряд преимуществ и отличительных особенностей, среди которых использование одной программы с изменением регистров, а также простота переналадки программы при выполнении простейших задач получения покрытий и 3D-печати.

Кроме того, широкий спектр возможностей открывается перед пользователем в результате использования специализированного комплекса программного обеспечения, созданного для связи между

роботом-гексаподом и персональным компьютером. Контроллер робота с компьютером при помощи Ethernet-соединения (рис.5.)

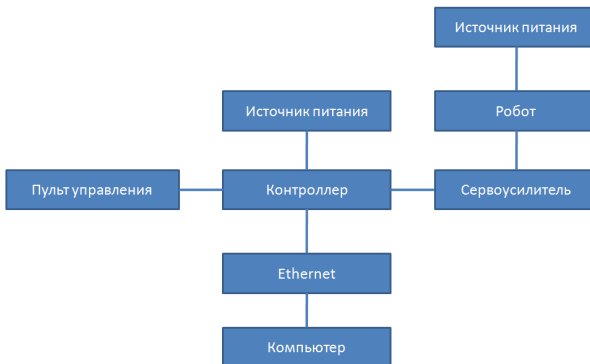


Рисунок 5 – Схема соединительных связей управления роботом-гексаподом

Для полной визуализации процесса выполнения роботом управляющей программы предназначен один из модулей, который позволяет воссоздать реальные объекты и окружающую среду, в которой работает робот. Также визуализируются и устанавливаются в виртуальной среде приспособления, рабочий инструмент и другое оборудование, так или иначе связанное с работой робота (рис. 6).

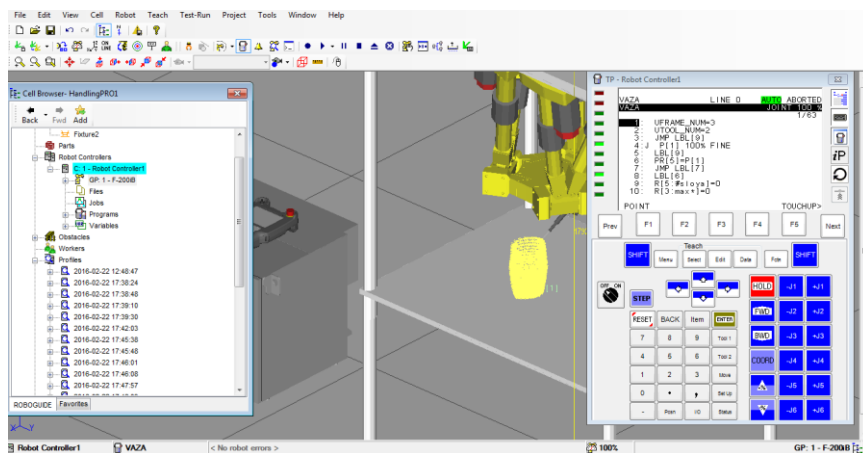


Рисунок 6 – Рабочее окно программного обеспечения

В интерфейсе программы отображается виртуальная копия управляющего пульта, осуществляющего ручное управление. Виртуальный пульт полностью идентичен реальному. Данная функция открывает полный функционал работы и настройки робота-гексапода с персонального компьютера.

В состав программного комплекса входит модуль, позволяющий создавать управляющие программы, а также прорабатывать их, учитывая геометрические ограничения по траектории и рабочей зоне.

В программном комплексе реализована возможность создания, редактирования и сохранения на персональном компьютере проектов, включающих в себя информацию об используемых роботах, их настройках в данный момент времени, всех управляющих программах, имеющихся на контроллере, окружающей среде, добавленной в данном проекте. Создание проекта возможно без соединения с роботом, при помощи набора файлов, передаваемых с контроллера на USB-накопитель, подключаемый к ручному пульта управления, либо другому USB-выходу контроллера. Установив на любом компьютере программный комплекс, возможна работа с проектами, либо создание проектов, при помощи файлов с контроллера.

Запуск управляющей программы сопровождается визуализацией перемещения робота с рабочим инструментом, при необходимости оборудования, такого как конвейер. Пользователь может наблюдать и сделать выводы о правильности траектории конечной точки рабочего органа, также визуализируемой в рабочем окне программы.

*Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Белгородской области в рамках проекта №14-41-08058 «р\_офи\_м», с использованием оборудования ЦВТ БГТУ им. В.Г. Шухова.*

#### **Список литературы:**

1. Рыбак Л.А., Ержуков В.В., Чичварин А.В. Эффективные методы решения задач кинематики и динамики робота-станка параллельной структуры. М.: ФИЗМАТЛИТ. 2011. 148 с.
2. Merlet J.-P. Parallel Robots / J.-P. Merlet. - 2nd ed., Springer Dordrecht, The Netherlands. 2006.
3. Магергут В.З., Игнатенко В.А., Бажанов А.Г., Шаптала В.Г. Подходы к построению дискретных моделей непрерывных технологических процессов для синтеза управляющих автоматов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 2. С. 100–102.