

3. НОВИКОВ А. О., ИЛЬИНСКАЯ К. Г., МАЕВСКИЙ В. С. Статические смесители //Поколение будущего: Взгляд молодых ученых-2013. – 2013. – С. 214-215.

УДК 621.3-1/-9  
**ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ТОЧКИ ИНСТРУМЕНТА 5-ТИ  
ОСЕВОГО РОБОТА**

Байханов Д.С., Гриб В.В.

Научный руководитель – Заярный В.П., заведующий лабораторией

Современные робототехнические системы становятся всё более гибкими и сложными. Особенно это касается многоосевых промышленных роботов, где каждая ось добавляет степень свободы и увеличивает возможности машины. В таких системах одной из ключевых точек является ё (tool center point) – центральная точка, относительно которой выполняются все действия: сварка, резка, захват, перемещение и так далее. Отслеживание её положения в пространстве при изменении углов суставов робота позволяет лучше понимать поведение всей системы, прогнозировать движения и проектировать траектории.

Основная цель рассматриваемой системы – визуально отображать положение центральной точки 5-осевого робота на основе входных данных: углов поворота каждого из суставов. Мы не стремимся точно симулировать физику всего робота, а сосредотачиваем внимание именно на отображении ключевой геометрической точки в 3D-пространстве.

Для решения задачи необходимо:

- математически описать кинематику (прямую) робота, позволяющую на основе углов вычислить положение точки;
- создать пользовательский интерфейс, в котором можно управлять параметрами;
- реализовать визуальную 3D-сцену, где отображается положение ЦТИ;
- обеспечить удобную и быструю обратную связь при изменении параметров.

Архитектура и логика системы

Проект можно условно разделить на три основные логические части: расчётную, визуальную и интерфейсную. В основе всей системы лежит кинематическая модель робота, чаще всего основанная на преобразованиях матриц или правилах Денавита–Хартенберга. Каждый сустав задаётся углом поворота, который влияет на положение следующего. Последовательно перемножая матрицы вращения и смещения, мы получаем итоговое положение центральной точки.

В контексте визуализации ЦТИ 5-осевого робота важно учитывать не только его текущее положение, но и оптимальность траектории движения. Правильно рассчитанная траектория позволяет:

- Минимизировать время выполнения операций (например, при сварке или фрезеровке).
- Снизить износ механических частей за счёт плавных переходов между точками.
- Избегать коллизий с окружающими объектами или самим роботом (самопересечения звеньев).

Для расчёта оптимальных траекторий применяются:

- Алгоритмы планирования движения (RRT, A, потенциальных полей).
- Интерполяция сплайнами (кубические, B-сплайны) для плавного изменения углов суставов.
- Критерии оптимизации (минимум энергии, времени, длины пути).

JavaScript-реализация позволяет интерактивно тестировать разные траектории, визуализируя их в Three.js и анализируя результаты в реальном времени.

Следом за этим идёт визуализация. Здесь речь идёт об отображении в трёхмерной сцене, где пользователь может видеть как минимум оси координат, рабочее пространство и саму точку в виде маркера. При желании можно расширить сцену отображением траектории или отдельных элементов робота.

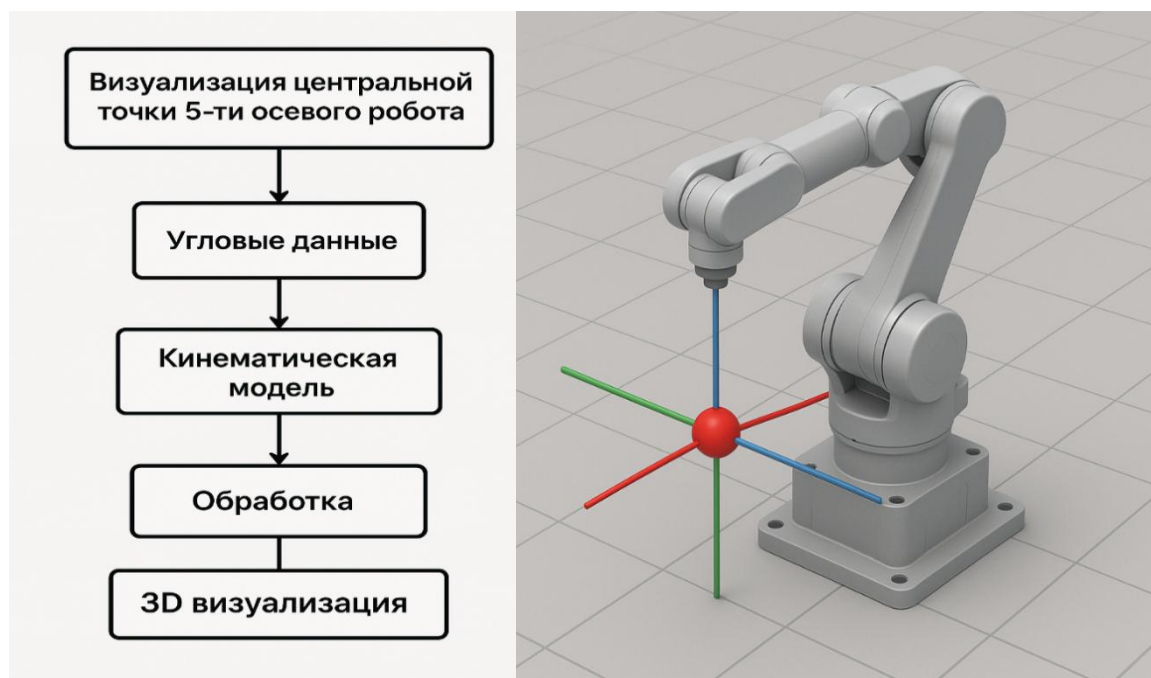


Рис.1. Визуализация работы модели.

Последний важный блок – это пользовательский интерфейс. Он позволяет в удобной форме задавать значения углов, а система в ответ в реальном времени перестраивает визуализацию. Для этого требуется обеспечить тесную интеграцию между вводом данных, расчётами и отрисовкой, желательно без заметных задержек.

#### Возможности JavaScript как универсального инструмента

JavaScript сегодня – это не просто язык для веб-страниц. Он превратился в мощную экосистему, позволяющую разрабатывать полноценные приложения любого типа: от одностраничных веб-интерфейсов до серверной логики и мобильных решений.

Современные веб-технологии позволяют эффективно реализовывать визуализацию центральной точки инструмента пятиосевого робота прямо в браузере. Одним из наиболее мощных инструментов для создания трёхмерных сцен на JavaScript является библиотека Three.js. С её помощью можно построить полноценную 3D-модель: задать геометрию, освещение, камеру и отобразить ЦТИ, например, в виде яркой сферы или другого наглядного маркера. Благодаря интеграции с такими фреймворками, как React, появляется возможность добавить удобный пользовательский интерфейс – ползунки, формы ввода, а также панели управления, позволяющие интерактивно изменять параметры визуализации.

Если стоит задача адаптации решения под мобильные платформы, JavaScript также предоставляет гибкие инструменты. С помощью React Native или Expo можно создавать кроссплатформенные мобильные приложения для Android и iOS, сохраняя единый подход к архитектуре и логике взаимодействия. Даже технологии вроде WebGL могут быть использованы в мобильной среде, обеспечивая высокую производительность и интерактивную трёхмерную графику.

Для серверной логики чаще всего применяется Node.js – платформа, позволяющая выполнять вычисления, управлять базами данных, а также координировать действия нескольких клиентов. При необходимости сервер может быть интегрирован с промышленными системами, используя стандарты промышленной автоматизации, такие как OPC UA. Передача данных от сервера к визуальной части может осуществляться в реальном времени через WebSocket, обеспечивая синхронность и отклик интерфейса на изменение параметров или данных датчиков.

Таким образом, весь проект можно построить с использованием одного языка и единого стека технологий, что значительно упрощает разработку, поддержку и масштабирование системы.

#### *Литература*

1. Фу К., Гонсалес Р., Ли К. Робототехника / Пер. с англ. - М.: Мир, 2005.

2. Иванов А.А. Трехмерная графика в веб-приложениях с использованием Three.js - СПб.: БХВ-Петербург, 2020.

УДК 67.05

## **СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ОПТИЧЕСКОГО ВИЗУАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ В ПРИБОРОСТРОЕНИИ**

Гриб В.В.

Научный руководитель – Заярный В.П., заведующий лабораторией

Оптический визуальный контроль (ОВК) занимает ключевое место в обеспечении качества продукции приборостроения, особенно в условиях растущих требований к точности и автоматизации производственных процессов. Его роль заключается в выявлении дефектов, измерении геометрических параметров и оценке состояния поверхностей, что напрямую влияет на надежность изделий. Основу метода составляют принципы взаимодействия светового излучения с объектом: отражение, преломление и рассеяние. Например, при анализе сварных швов направленное освещение позволяет выявлять подрезы, поры и трещины, а использование луп (ЛП-3, ЛП-6) и микроскопов повышает точность обнаружения дефектов размером до 0.1 мм.



Рис.1. Система автоматического контроля Lynx EVO для микроэлектроники.

Современные технологии существенно расширяют возможности ОВК. Автоматическая оптическая инспекция (АОИ) применяется для контроля печатных плат, где системы вроде Lynx EVO от компании Ostec