

ИСТОРИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ И СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ УПРАВЛЕНИЯ РОБОТАМИ-МАНИПУЛЯТОРАМИ

Идея создания искусственных помощников преследовала человечество с древних времен. Мифы и легенды многих культур описывают механических существ, способных выполнять различные задачи. Однако первые серьезные попытки создания автоматизированных устройств относятся к эпохе Возрождения. Леонардо да Винчи, например, разработал проекты самоходных машин и механических рыцарей.

Рождение промышленной робототехники

– **Середина XX века:** появление первых промышленных роботов, таких как Unimate, произведенный компанией General Motors. Эти ранние роботы были громоздкими и выполняли простые повторяющиеся операции.

– **Развитие микроэлектроники:** миниатюризация электронных компонентов позволила создавать более сложные и гибкие роботы.

– **Развитие вычислительной техники:** появление мощных компьютеров сделало возможным реализацию сложных алгоритмов управления.

Современные тенденции

Современные роботы-манипуляторы стали значительно более сложными и универсальными. Они используются в различных отраслях промышленности, медицине, научных исследованиях и даже в быту.

- **Высокая точность и повторяемость:** современные роботы способны выполнять задачи с высокой точностью и повторяемостью, что особенно важно в таких областях, как микроэлектроника и фармацевтика.

- **Гибкость и адаптивность:** роботы становятся все более гибкими и адаптивными. Они могут работать в неструктурированной среде, взаимодействовать с людьми и другими роботами.

- **Искусственный интеллект:** искусственный интеллект позволяет роботам обучаться на опыте, принимать решения и адаптироваться к изменяющимся условиям.

- **Коллаборативные роботы:** коботы предназначены для совместной работы с людьми. Они безопасны, легки в программировании и могут выполнять широкий спектр задач.

Историческое развитие

1. Первые экспериментальные образцы (1950–1960-е гг.)

Зачатки промышленной робототехники появились в середине XX века, когда начались эксперименты с автоматическими манипуляторами на основе жёсткой логики и релейных схем.

Одним из первых широкоупотребимых решений стал робот **Unimate**, разработанный Дж. Ангерсом (George Devol) и Дж. Энгельбергером (Joseph Engelberger), который в 1961 г. был установлен на заводе General Motors для обслуживания литейных машин. Это устройство в основном использовало «жёсткое» управление с предварительно запрограммированными командами движения.

2. Развитие электронных систем управления (1970-е гг.)

Появление более совершенных интегральных схем и микропроцессоров в 1970-х позволило улучшить системы управления роботами.

В это время начали внедряться числовые программы (NC/Numerical Control), что позволило адаптивнее задавать движения и позиционирование звеньев.

Параллельно разрабатывались математические модели кинематики (прямая и обратная) для роботизированных рук, что заложило основы программного управления траекториями.

3. Активное внедрение роботов в промышленность (1980-е – 1990-е гг.)

Быстрое развитие производств (особенно автомобильных) привело к массовому внедрению манипуляторов. Основным типом управления – **ПИД-регуляторы** и различные модификации контуров обратной связи по положению/скорости.

Постепенно появилась необходимость учитывать **нелинейности** и динамические параметры (массы звеньев, эффекты трения и т. д.), что дало толчок к разработке **робастных** и **адаптивных** алгоритмов управления.

Параллельно стали развиваться **CAD/CAM/CAE-системы** и появились первые специализированные пакеты для симуляции робототехнических комплексов (MATLAB, Simulink, другие средства).

4. Научные прорывы и совершенствование алгоритмов (2000-е гг.)

Дальнейший рост вычислительных мощностей позволил реализовывать в реальном времени **сложные законы управления**, такие как управление по обратной динамике (computed torque control), методы Ляпунова, модельно-преддиктивные (MPC) и др.

Внедрялись **сенсорные системы** (датчики силы/момента, машинное зрение), расширялись возможности роботов при обработке деталей, сборке, сварке и пр.

Возникла потребность в **интеграции** роботов в более крупные производственные цепочки и автоматизированные склады, что ускорило развитие промышленных сетей и стандартов (протоколы Profinet, EtherCAT и др.).

5. Робототехника в эпоху «Индустрии 4.0» (2010-е – по настоящее время)

Концепция «Индустрия 4.0» и киберфизические системы стимулировали переход от «жёстко» заданных программ к более **интеллектуальным и гибким** режимам работы роботов.

Начали широко применяться **искусственные нейронные сети**, методы машинного обучения и Deep Learning для задач калибровки, распознавания объектов, адаптивного управления и предиктивного обслуживания.

Получил распространение **ROS (Robot Operating System)** – открытая платформа для создания, тестирования и интеграции роботов.

Увеличилась популярность **коллаборативных роботов (cobots)**, взаимодействующих с человеком, что потребовало особых алгоритмов безопасного управления с учётом ограниченных сил и быстрого реагирования на контакты. [1, 2]

ЛИТЕРАТУРА

1. Козырев, Ю.Г. Автоматизированные технологии и производства. – М.: КноРус, 2017.
2. Павлов, И.Я., Якушев, В.И. Роботы: Учебник для вузов. – М.: Машиностроение, 2004.

УДК 621.01

А.Б. Чарыев, преп.; С.С. Шайымов, преп.;
И.А. Аннабердиев, преп.

(Институт Телекоммуникаций и информатики Туркменистана, г. Ашхабад,)

ДИНАМИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРОГРАММНЫМ ДВИЖЕНИЕМ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ -МАНИПУЛЯТОРОВ

Динамическое управление программным движением промышленных роботов-манипуляторов – это процесс разработки и реализации алгоритмов, которые позволяют роботу эффективно выполнять движения с учетом динамических характеристик, таких как ускорение, инерция, силы и моменты, действующие на систему. Такие алгоритмы обеспечивают не только точность, но и безопасность, скорость