РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МАНИПУЛЯЦИОННОГО ПРОМЫШЛЕННОГО РОБОТА ДЛЯ НЕФТЕГАЗОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Васин А.Д., аспирант

Московский университет СИНЕРГИЯ,г. Москва, Россия

Курасов Д.А., к.т.н., доцент

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Россия

Аннотация. В данной статье представлен обзор современных подходов к созданию и применению манипуляционных промышленных роботов. Особенности их рассматриваются на примере обслуживания и эксплуатации оборудования нефтегазовой отрасли. Были изучены ключевые требования к конструкциям робототехнических систем, предназначенных для работы в условиях повышенной опасности и агрессивных внешних факторов. Определены существующие технологии, тренды промышленной автоматизации и потенциальные направления развития специализированных манипуляторов. Работа служит основой для последующих экспериментальных исследований и разработки прототипа манипуляционного робота, применимого в условиях нефтегазовой инфраструктуры.

Ключевые слова: манипуляционный робот, нефтегазовая промышленность, автоматизация, робототехнические системы.

Современное развитие нефтегазовой отрасли подразумевает высокий уровень автоматизации и надежности технологических процессов, особенно при высокой опасности и многокилометражности объектов. Ручной ремонт и обслуживание оборудования в таких условиях требует много времени, финансовых ресурсов и иным образом представляет собой высокий риск для любого персонала, поэтому такое направление модернизации является актуальным и требует использования робототехнических систем, способных проводить операции технического обслуживания, диагностики и демонтажа или сборки компонентов нефтегазового оборудования.

Внедрение манипуляционных промышленных роботов подразумевает ряд преимуществ, а именно точное позиционирование, воспроизводимость движений, работу в агрессивных среда или возможность интеграции с интеллектуальными системами управления[1]. Однако, критерии для разработки роботов в данном секторе уникальны, включая стабильность вибрации, взрывозащиту, влагозащиту, широкий диапазон температур, а также ограниченное пространство.

Цель настоящей работы – провести анализ существующих решений и технологий в области манипуляционных роботов нефтегазовой промышленности, а также обосновать ключевые направления разработки специализированного манипуляционного промышленного робота.

На данный момент в нефтегазовой отрасли широко используются в основном, самоходные роботизированные системы, предназначенные для выполнения типовых операций, таких как сварка, шлифовка, резка, инспекция трубопроводов[2,3]. Большинство существующих на рынке различных решений либо носит универсальный характер, не приспособленный к особенностям объектов размещения, либо, чтобы специализироваться, должно пройти ряд модификационных мероприятий.

Согласно научным публикациям последних лет, растет заинтересованность мобильными манипуляторами и телероботами. Так, такие компании, как Schlumberger, Shell, ExxonMobil действуют в качестве активных инвесторов в стремлении роботизации технологического обслуживания[4]. Особенным примером в данном случае может послужить роботизированная мобильная платформа
Shell Smart RVI Platform
с манипуляторами для визуальной диагностики и выполнения простых механически трудоемкие операции на объектах
[5]
.

Есть и отдельное направление – разработка роботизированных комплексов, продукция которых должна быть взрывозащищенной и соответствовать требованиям директивы **A**TEX 2014/34/EU и стандарту IEC 60079
[6]
. Системы оснащаются герметичными приборами обработки данных и управления, но высокий ресурс и цена препятствует массовому использованию. Другими словами, существует необходимость разработки узкоспециализированных роботизированных установок, адаптированных к условиям размещения, отличающихся доступной ценой.

Разработка манипуляционного промышленного робота для обслуживания нефтегазового оборудования требует учета целого комплекса требований[1,3,7]: механические характеристики, эксплуатационные параметры, безопасность, функциональные возможности, управление и программирование.

Следовательно, архитектурой с максимальной перспективностью будет архитектура с модульным подходом – манипулятор с шестью степенями свободы, установленный на стационарной или мобильной платформе. С целью обеспечения компактности и устойчивости можно использовать редукторы с циклоидальной или планетарной передачей и двигатели с высоким крутящим моментом[8,9].

Для управления лучший вариант – система на базе ПЛК с обратной связью от датчиков угла поворота, усилия и вибрации. Визуальный контроль объектов можно осуществлять с использованием промышленной камеры, а также алгоритмов машинного зрения для анализа геометрии объекта и коррекция его траектории.

Интеллектуальная составляющая декларируемой разработки должна обеспечивать возможность адаптации к изменяющимся внешним факторам – смещение трубопровода, присутствие загрязнений. Помимо этого, оборудование с целью повышения автономности и надежности может быть оснащено ИИ элементами – нейросети, адаптивные регуляторы.

В рамках дальнейшей разработки системы предполагается выполнение следующих направлений исследований:математическое моделирование кинематики и динамики манипулятора, разработка прототипа и лабораторных испытаний, исследование надежности и эксплуатационных характеристик, разработка интеллектуальных модулей управления, интеграция с промышленными системами.

Таким образом, актуальность разработки манипуляционного промышленного робота для нефтегазового оборудования обусловлена попыткой улучшить безопасность и эффективность использования технических объектов. Модернизация современных технологий позволяет создавать системы с высокой степенью автономности и адаптивности, однако для их внедрения необходим глубокий междисциплинарный подход к проектированию.

Литература

1. Siciliano, B., &Khatib, O. (2016). Springer Handbook of Robotics. Springer.

2. J. Song et al. (2019). "Robotics in Oil and Gas Industry: A Review." Journal of Petroleum Science and Engineering, Vol. 176, pp. 125–139.

3. ANSI/RIA R15.06-2012. Industrial Robots and Robot Systems – Safety Requirements.

4. ExxonMobil. (2022). Digital Transformation and Robotics Strategy. Internal Report.

5. Shell. (2021). Smart Robotic Visual Inspection (RVI) Platform, Shell TechX Journal, Vol. 14.

6. IEC 60079-0:2017. Explosive atmospheres – Part 0: Equipment – General requirements.

7. ISO 10218-1:2011. Robots and robotic devices — Safety requirements for industrial robots.

8. Yoshikawa, T. (1990). Foundations of Robotics: Analysis and Control. MIT Press.

9. Kim, S., & Lee, J. (2020). "Cycloidal Drives for Industrial Robotics: Review and Optimization." Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, Vol. 63.