

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

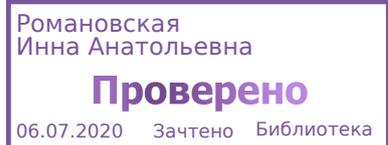
На правах рукописи

Ефимов Алексей Юрьевич

Исследование методов повышения эффективности роботизированных технологических процессов

Направление подготовки
27.04.04 «Управление в технических системах»

**АВТОРЕФЕРАТ
МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ**



2020

Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре
государственный университет»

Научный руководитель	кандидат технических наук, заведующий кафедрой «Управление инновационными процессами и проектами», Горькавый Михаил Александрович
Рецензент	кандидат технических наук, ведущий инженер НПБ-УТР филиала ПАО «Компания «Сухой» КнААЗ им. Ю.А. Гагарина», Якимов Антон Викторович

Защита состоится «30» июня 2020 года в 10 часов 00 мин. на заседании государственной экзаменационной комиссии по направлению подготовки 27.04.04 «Управление в технических системах» в Комсомольском-на-Амуре государственном университете по адресу: 681013, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27, ауд. 207/3.

Автореферат разослан 16 июня 2020 г.

Секретарь ГЭК

В.П. Егорова

Общая характеристика работы

Постоянный рост конкуренции среди производственных компаний по всему миру обуславливает высокий интерес собственников к повышению эффективности производственных процессов, снижению издержек, повышению качества выпускаемой продукции и т.д. При этом множество специалистов и аналитиков утверждают, что в современных условиях рост эффективности производства, чаще всего, невозможен (или крайне затруднен) без внедрения средств автоматизации технологических процессов. Одним из наиболее перспективных направлений в настоящее время является роботизация промышленных предприятий. Кроме того, согласно Указу Президента Российской Федерации от 01.12.2016 г. № 642 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации», переход к роботизированным производственным системам является одним из ключевых приоритетов Российской Федерации в области научно – технологического развития.

Производственная загрузка современных промышленных роботов велика - они могут работать двадцать четыре часа в сутки, семь дней в неделю, потребляя значительное количество электрической энергии. Импортное производство большинства промышленных роботов обуславливает большие затраты, связанные с их обслуживанием и ремонтом, в силу невозможности (без нарушения конструктивной целостности) обеспечить доступ к узлам и агрегатам сотрудников предприятия без нарушения гарантийных условий дилеров оборудования. То же самое касается и алгоритмов функционирования роботов – они закрыты. Перечисленные факторы определяют необходимость поиска путей оптимизации роботизированных технологических процессов с целью обеспечения более высокого уровня энергоэффективности.

Цель настоящей работы заключается в разработке комплекса мероприятий, позволяющего повышать эффективность эксплуатации промышленных роботов за счет снижения затрат на обеспечение

оборудования электрического энергией. В ходе выполнения работы был проведен анализ существующих подходов к оптимизации робототехнических комплексов. Была разработана модель энергопотребления промышленного робота, а также алгоритм поиска оптимального расположения комплекса траекторий в рабочем пространстве робота. Приведено обоснование целесообразности применения полученных результатов на промышленных предприятиях.

Научная новизна исследования заключается в:

- модернизации методов интеллектуальной обработки информации для прогнозирования энергетических затрат промышленных роботов в рамках технологического процесса;

- разработке комплекса мероприятий для идентификации нелинейной зависимости энергопотребления с целью построения модели энергопотребления промышленного робота;

- разработке алгоритма поиска наиболее энергоэффективной зоны рабочего пространства в рамках отдельной управляющей программы.

Практическая значимость работы заключается в возможности повторения промышленными предприятиями результатов исследования для достижения целей снижения энергетических затрат роботизированных технологических процессов и комплексов на базе промышленных роботов.

Методы исследования: в процессе проведения исследований был применен комплексный подход, включающий проведение экспериментов (серия измерений мощности), а также системный анализ и компьютерное моделирование.

Степень достоверности и апробации работы. Итоговые и промежуточные результаты обсуждались на следующих конференциях:

- II Всероссийская национальная научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований»(Комсомольск – на – Амуре, 2019);

- 22 – й краевой конкурс молодых ученых и аспирантов (Хабаровский край, 2020 год);

- международная научно – техническая конференция «FarEastConf - 2019».

Личный вклад автора заключается в разработке и реализации мероприятий по идентификации нелинейной зависимости энергопотребления в отдельных сегментах рабочего пространства, а также в разработке алгоритмов расчета энергетических затрат в рамках реализации технологического процесса и алгоритма поиска позиции, обеспечивающей достижение экономии электрической энергии. Разработанные алгоритмы были программно реализованы и протестированы в среде разработки MATLAB. На базе программного кода был спроектирован интерфейс пользователя.

Публикации. Результаты диссертационного исследования опубликованы в десяти научных изданиях, индексируемых в базах Scopus или Web of Science, в ведущих рецензируемых изданиях (ВАК), а также РИНЦ.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех разделов, заключения, списка использованных источников (30 источников). Работа представлена на 122 страницах, включает 77 рисунков, 5 таблиц и 6 приложений.

Содержание работы:

Во введении обозначена актуальность работы, сформулированы цели и задачи исследования.

В первом разделе представлен анализ текущего состояния исследуемой области, представлен анализ потенциальных направлений снижения затрат роботизированных процессов, приведены результаты проведения предварительных исследований и обоснование выбранного направления.

Во втором разделе описан процесс получения математической модели энергопотребления промышленного робота. Описаны мероприятия по сбору

данных о потреблении энергии в отдельных зонах рабочего пространства. Представлена процедура унификации данных, продемонстрированы результаты измерений для робота KUKA KR – 60. Описан объект исследования, а также представлены аппаратное и программное обеспечение, необходимое для повторения процедуры сбора данных.

В третьем разделе представлено алгоритмическое обеспечение процесса расчета энергетических затрат управляющей программы, а также процесса поиска оптимальной позиции для расположения комплекса траекторий в рабочем пространстве. Представлен разработанный интерфейс пользователя, а также процедура тестирования разработанных программных средств.

В четвертом разделе описана методика оценки целесообразности внедрения энергосберегающего модуля при проектировании технологического процесса с использованием промышленного робота. Приведен способ оценки эффективности эксплуатации модуля.

Результаты и выводы по работе:

Мировой рынок промышленной робототехники растет достаточно быстрыми темпами. Средний ежегодный рост за прошедшие восемь лет составляет приблизительно 12 %. Функционал промышленных роботов увеличивается от года к году, промышленное оборудование становится все более адаптивным, интеллектуальным и технически сложным.

В настоящий момент Россия достаточно сильно отстает от общемировых показателей по числу установок роботов и плотности роботизации.

Согласно результатам исследований, наибольшие доли в структуре затрат занимает время работы оператора (54 %), обеспечение энергией (11 %) и стоимость запасных частей (15 %).

Энергопотребление любого роботизированного процесса зависит от положения руки манипулятора в пространстве, а также от скорости перемещения манипулятора. В рабочем пространстве робота можно

однозначно выделить как наиболее энергозатратные области, так и наоборот – обеспечивающие минимальное потребление электроэнергии промышленного робота.

Среднее значение отклонения энергетических затрат при оптимальном расположении от стандартного составило 12,75 %. При этом, отклонение значений энергопотребления в наименее энергоэффективных позициях от оптимальных значений в среднем составило 23,74 %. Не во всех случаях заготовка располагается в стандартной позиции. Решение о начальной точке локальной системы координат остается всегда за специалистом - отладчиком технологического процесса. При этом, кроме предположений, отладчики, как правило, не обладают инструментами для отслеживания энергоэффективности той или иной зоны рабочего пространства (и, перед ними, как правило, не стоит таких задач), поэтому, можно говорить о возможном потенциале энергосбережения 20 % и более.

Основные положения магистерской диссертации опубликованы в работах:

1 Gorkavyu M. A., Gudim A. S., Efimov A. Y., Solovev Denis B. Intelligent System for Prognostication and Optimization of Power Expenses of Technological Processes at Robotized Productions // International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon), 2018. doi: 10.1109/FarEastCon.2018.8602503.

2 Gorkavyu M. A., Efimov A. Y., Soloviev V.A., Solovev Denis B. Algorithmization and Principles of Construction of Information Support of the Automated Module for Energy Outlays Optimization of Technological Processes at Robotized Productions // 2019 International Science and Technology Conference "EastConf", 2018. doi: 10.1109/FarEastCon.2018.8602433.

3 A. Y. Efimov, M. A. Gorkavyu, A. I. Gorkavyu and D. B. Solovev, "Improving the Efficiency of Automated Precision Robotics-Enabled Positioning and Welding," 2019 International Science and Technology Conference "EastConf", Vladivostok, Russia, 2019, pp. 1-5, doi: 10.1109/EastConf.2019.8725362.

4 A. Efimov, M. Gorkavyu and A. Gorkavyu, "Predicting Power Consumption of Robotic Complex Based on Neuro-Fuzzy System," 2020 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM), Sochi, Russia, 2020, pp. 1-5, doi: 10.1109/ICIEAM48468.2020.9112066.

5 A. Y. Efimov, M. A. Gorkavyu, V. P. Egorova and D. B. Solovev, "Design of Intelligent Decision Support System for Robotized Welding Technological Processes Optimization," 2019 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon), Vladivostok, Russia, 2019, pp. 1-4, doi: 10.1109/FarEastCon.2019.8933908.

6 V. P. Egorova, M. A. Gorkavyu, A. Y. Efimov and D. B. Solovev, "Synthesis of an Adaptive System for Diagnosing the Quality of Automated Welding Products," 2019 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon), Vladivostok, Russia, 2019, pp. 1-4, doi: 10.1109/FarEastCon.2019.8934286.

7 Ефимов А.Ю., Горькавый М.А. К вопросу создания интеллектуальной системы прогнозирования и оптимизации энергетических затрат роботизированного участка // Производственные технологии будущего: от создания к внедрению материалы международной научно-практической конференции. - Комсомольск - на - Амуре: ФГБОУ ВО "КнАГУ", 2017

8 Ефимов А.Ю., Горькавый М.А. Концептуальный анализ направлений оптимизации роботизированных технологических процессов // Гагаринские чтения - 2018. Сборник тезисов докладов Международной молодежной научной конференции. - М.: Моск. авиационный ин-т (национальный исследовательский университет), 2018.

9 Ефимов А.Ю., Горькавый М.А., Киба Д.А., Гудим А.С. Исследование способов снижения энергетических затрат роботизированных производственных процессов // Производственные технологии будущего: от создания к внедрению материалы международной научно-практической конференции. - Комсомольск - на - Амуре: ФГБОУ ВО "КнАГУ", 2018.