

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Иркутский государственный университет путей сообщения»
(ФГБОУ ВО ИрГУПС)

Чернышевского ул., д. 15, Иркутск, 664074

Тел.: (3952) 63-83-01, E-mail: mail@irgups.ru, <http://www.irgups.ru>
ОКПО 01115780; ОГРН 1023801748761; ИНН/КПП 3812010086/381201001

30.10.2024 № ИС-04-3143/24
На № _____ от _____

В объединенный диссертационный совет
99.2.140.02, созданный на базе
ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре
государственный университет»,
ФГБОУ ВО «Дальневосточный
государственный университет путей
сообщения»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе ФГБОУ ВО
«ИрГУПС», к.т.н.

Димов А.В.

30.10.2024 г.

**ОТЗЫВ
ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ**

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Иркутский государственный университет путей сообщения» (ФГБОУ ВО ИрГУПС) на диссертационную работу Мельниченко Маркела Андреевича «Разработка интеллектуальных моделей и алгоритмов повышения эффективности функционирования роботизированных технологических процессов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3 – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами» (технические науки)

На отзыв представлены диссертация объемом 209 страниц и автореферат объемом 24 страницы.

Диссертационная работа состоит из списка сокращений и условных обозначений, введения, четырех глав, заключения, списка использованных источников и двадцати приложений, включая акты внедрения результатов работы. Работа содержит 65 рисунков и 15 таблиц.

1. Актуальность темы исследования

Повышение эффективности функционирования роботизированных технологических процессов согласуется с целью, основными задачами и приоритетами научно-технологического развития Российской Федерации, которые изложены в Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации, утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 28 февраля 2024 г. N 145 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации», в т.ч. п.21-а: «переход к передовым технологиям проектирования и создания высокотехнологичной продукции, основанным на применении интеллектуальных производственных решений, роботизированных и высокопроизводительных вычислительных систем, новых материалов и химических соединений, результатов обработки больших объемов данных, технологий машинного обучения и искусственного интеллекта».

На сегодняшний день от степени автоматизации промышленных предприятий зависит не только качество и объемы выпускаемой продукции, но и жизнеспособность предприятия в целом. Предлагаемые в диссертационной работе подходы к повышению производительности и уменьшению энергопотребления роботизированных технологических процессов позволят без значительных затрат оптимизировать уже имеющиеся роботизированные процессы, а также обеспечить инженеров-операторов рекомендациями по эффективному использованию промышленных роботов для решения производственных задач.

Таким образом, тема представленной к рассмотрению диссертации, посвященная разработке интеллектуальных моделей и алгоритмов повышения эффективности функционирования роботизированных технологических процессов на производстве является актуальной.

2. Новые научные результаты, представленные в диссертации

Сформирована методика идентификации нелинейной зависимости энергопотребления и затрат времени промышленного робота от форм траекторий перемещения центральной точки инструмента, позволяющая существенно упростить процедуру оптимизации роботизированного технологического процесса.

Разработана нейро-нечеткая имитационная модель энергопотребления промышленного робота-манипулятора на основе экспериментальных и синтетических данных, востребованная при разработке и апробации алгоритмов снижения энергопотребления промышленного робота.

Предложена технология синтеза нейро-нечеткой имитационной модели энергопотребления промышленного робота, обеспечивающая высокую скорость синтеза в условиях частичного/полного отсутствия информации о технических характеристиках промышленного робота.

Разработан метод синтеза нейросетевой имитационной модели энергопотребления промышленных роботов, выполняющих дифференцированные технологические операции двух видов: с преобладанием длинноходных и с преобладанием короткоходных траекторных перемещений для формирования оптимальных алгоритмов управления роботизированным технологическим процессом.

Получен комплекс алгоритмов оптимизации роботизированных технологических процессов с преобладанием длинноходных и с преобладанием короткоходных траекторных перемещений по критериям минимизации энергопотребления и времени на исполнение комплекса роботизированных технологических операций.

Для проверки адекватности синтезированных моделей реализованы натурные эксперименты на промышленном роботе KUKA. Сравнительный анализ продемонстрировал высокую сходимость полученных результатов.

По результатам экспериментальных исследований выполнены расчеты энергетической выгоды от предложенных оптимизационных мероприятий, подтверждающие целесообразность проведенных исследований.

3. Научная и практическая значимость диссертационного исследования

Предложен оригинальный подход к формированию нейросетевых имитационных моделей энергопотребления промышленных роботов в составе роботизированных технологических комплексов для ограниченного множества классов роботизированных технологических процессов.

Приведены научно-обоснованные рекомендации по повышению энергетической эффективности роботизированных технологических комплексов широкого назначения.

Предложена автоматизированная процедура измерения затрат энергии и времени промышленного робота на проведение роботизированных операций.

Разработан комплекс программ для формирования нейро-нечеткой имитационной модели энергопотребления промышленного робота на основе экспериментальных и синтетических данных.

Разработан комплекс программ, обеспечивающий синтез нейросетевой имитационной модели энергопотребления промышленного робота для реализации оптимизационных процедур роботизированного технологического процесса в автоматизированном режиме и в режиме системы поддержки принятия решений, включая инструменты графического интерфейса пользователя.

4. Степень достоверности результатов исследования

Достоверность научных положений и выводов диссертационной работы подтверждается адекватностью полученных моделей, обоснованностью принятых допущений, сертификацией электрических компонентов для сборки устройств измерения электрической энергии, применением лицензионного программного обеспечения, наличием свидетельств о регистрации программ для ЭВМ, внедрением полученных результатов исследования в образовательный и производственный процессы.

5. Значимость полученных автором результатов для развития соответствующей отрасли науки

Результаты диссертационного исследования в значительной степени способствуют развитию методологии формирования интеллектуальных имитационных моделей затрат времени и энергопотребления промышленных роботов в рамках роботизированных технологических процессов. Разработанные автором модели и алгоритмы оптимизации применимы для широкого спектра технологических процессов, поскольку затрагивают вопросы формирования оптимальных траекторий перемещения инструментов промышленных роботов. Особым преимуществом предложенных решений является возможность их быстрой адаптации к изменившимся условиям технологического процесса.

Таким образом, результаты диссертационной работы вносят значительный вклад в развитие способов повышения эффективности функционирования роботизированных технологических процессов.

6. Рекомендации по использованию результатов диссертационного исследования

Результаты диссертационного исследования и сформированные автором рекомендации и выводы рекомендуются для использования автоматизированных производствах, таких как: роботизированная сборка, механообработка, паллетирование, сварка, покраска.

7. Апробация результатов исследования и публикации автора

За время подготовки диссертации автор принял участие в 10 научных конференциях с докладами о результатах диссертационного исследования.

Основные положения и результаты диссертационного исследования достаточно полно изложены автором в 35 научных статьях, 12 из которых проиндексированы в базе научного цитирования Scopus, 9 – опубликованы в журналах из перечня ВАК, а также 14 – РИНЦ. Автором получены 12 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ и сформирована 1 заявка на патент.

8. Замечания по диссертационной работе

1) Считаем неоправданно упрощенными целевые функции оптимизации, представленные в разделе 3.3.6 диссертации и на стр.16 автореферата, без учета параметров качества реализации технологического процесса в случае, когда робот выступает в качестве технологического оборудования и др. параметров (в т.ч. производительности, точности позиционирования и т.д.)

2) В связи с первым замечанием считаем некорректной фразу «в условиях актуальных требований к снижению энергопотребления без необходимости внесения изменений в техническое задание и ухудшения качества конечного продукта» при формулировании цели работы.

3) В результатах диссертационного исследования представлены процентные данные потенциала сокращения энергетических затрат на проведение роботизированных операций (до 9.5% для класса длинноходных перемещений и до 23% для класса короткоходных перемещений). При этом хотелось бы оценить абсолютные цифры экономии затрат с учетом затрат на обучение нейросетевых имитационных моделей.

4) В соответствии с п.5.3.11 ГОСТ Р 7.0.11-2011 «Формулы в тексте диссертации следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией или в пределах главы (раздела)». В диссертации отсутствует нумерация формул, что создает проблемы обращения к ним.

5) На общей схеме модели расчета энергопотребления промышленного робота (рисунок 16, стр. 48) представлены блоки переключения разрабатываемых моделей СУЭП. В тексте отсутствует описание данных блоков, в связи с чем, непонятно по каким законам происходит переключение.

6) При разработке алгоритма формирования нейросетевой имитационной модели (стр. 80-84) отсутствует обоснование выбора метрики качества нейронной сети.

Представленные замечания не снижают общей положительной оценки результатов диссертационной работы.

9. Заключение

По результатам обсуждения диссертации автора Мельниченко Маркела Андреевича «Разработка интеллектуальных моделей и алгоритмов повышения эффективности функционирования роботизированных технологических процессов» ведущей организацией принято следующее заключение.

Анализ представленных соискателем материалов, содержания рукописи диссертации, автореферата и публикаций, позволяет сделать вывод о том, что диссертационная работа написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты, а положения, представляемые для

публичной защиты, имеют научное значение и направлены на решение актуальных научных и практических задач.

Полученные автором результаты исследований достоверны и успешно апробированы. Основные положения диссертационного исследования опубликованы в рецензируемых научных изданиях (в том числе рекомендованных ВАК) по специальности 2.3.3 «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами».

Содержание автореферата в полной мере соответствует содержанию диссертационной работы.

Представленное к рассмотрению диссертационное исследование соответствует паспорту научной специальности 2.3.3 «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами».

На основании вышеизложенного ведущая организация считает, что диссертация Мельниченко Маркела Андреевича «Разработка интеллектуальных моделей и алгоритмов повышения эффективности функционирования роботизированных технологических процессов» является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно-обоснованные решения, позволяющие повысить производительность и энергетическую эффективность производственных процессов с участием роботоманипуляторов без необходимости внесения изменений в техническое задание и ухудшения качества конечного продукта.

По степени научной новизны, объему выполненных исследований и их практической значимости работа соответствует критериям, которым должна отвечать диссертация на соискание ученой степени кандидата наук, установленным «Положением о присуждении ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 №842 (в ред. от 25.01.2024), а её автор, Мельниченко Маркел Андреевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3 – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами» (технические науки).

Заведующий кафедрой
«Автоматизация производственных процессов»
ФГБОУ ВО «ИрГУПС»,
д.т.н., профессор Лившиц Александр Валерьевич
диссертация д.т.н. по специальности
05.13.06 – Автоматизация и управление
технологическими процессами и производствами
(промышленность)
livnet@list.ru, 8950-08-130-33

30.10.2024 г.

