



СИБИРСКИЙ  
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

SIBERIAN  
FEDERAL  
UNIVERSITY

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

ФБАОУ ВО «Сибирский

федеральный университет»

Денис Сергеевич Гуц

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Сибирский федеральный университет»

660041, Красноярский край,  
г. Красноярск, проспект Свободный, д. 79  
телефон: (391) 244-82-13, тел./факс: (391) 244-86-25  
http://www.sfu-kras.ru, e-mail: office@sfu-kras.ru

ОКПО 02067876; ОГРН 1022402137460;  
ИНН/КПП 2463011853/246301001



№ \_\_\_\_\_  
на № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

«07» 03 2025 г.

### ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу Гончарова Аркадия Сергеевича «Автоматизация управления предиктивным техническим обслуживанием и ремонтom промышленных роботов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами

#### Актуальность темы диссертационного исследования

Планирование технического обслуживания и ремонта промышленного оборудования является чрезвычайно важной задачей, без решения которой невозможны: оптимизация производственных процессов, предупреждение аварий, экономия ресурсов, обеспечение безопасности труда и общей конкурентоспособности конечных продуктов. Сложность решения задачи планирования технического обслуживания и ремонта обусловлена в том числе разнообразием типов промышленного оборудования, высокой стоимостью ошибок, многочисленностью влияющих на производство внешних и внутренних факторов, трудностями интеграции новых интеллектуальных решений в сложившуюся схему управления. Актуальной является разработка методов по управлению моделями анализа данных, включая алгоритмы автоматизации

процессов конструирования, подбора и тестирования, для обеспечения эффективности процесса управления ресурсами с целью сокращения производственных расходов.

Диссертационная работа Гончарова Аркадия Сергеевича направлена на разработку решений автоматизации управления предиктивным техническим обслуживанием и ремонтом промышленных роботов.

### **Научная новизна и практическая значимость исследований.**

В работе предложена методика проектирования программного обеспечения на основе подхода проблемно-ориентированного конвейера, обеспечивающего автоматизацию подготовки данных и управлению моделями анализа данных для прогнозирования состояния оборудования.

В рамках данной методики предложен комплекс алгоритмов: по оценке сходства наборов данных и подбору моделей машинного обучения, обеспечивающих сокращение времени использования модели на 18% при пороговом значении потери точности прогнозирования на 12%. Также отмечается, что данный комплекс алгоритмов позволяет повысить эффективность процесса предиктивного технического обслуживания и ремонта на основе данных на 5,1% за счет сокращения расходов на конструирование избыточного количества моделей анализа данных.

Предложен алгоритм автоматизированного поиска аномальных значений параметров промышленных манипуляторов, являющийся модификацией штатного алгоритма мониторинга предельных значений и отличающийся настройкой пороговых значений для каждой из рабочих операций манипулятора.

**Практическая значимость** полученных результатов заключается в спроектированных и реализованных автором программных решениях для диагностики аномальных состояний приводов промышленных манипуляторов и адаптивного выбора прогнозных моделей оценки работоспособности промышленных манипуляторов.

Указанные решения внедрены в ООО «Инспайр-технологии» (г. Томск) – для обеспечения мониторинга работоспособности и оценки текущего состояния

промышленного манипулятора. К диссертационной работе приложен акт внедрения, подтверждающий практическую значимость полученных результатов.

### **Содержание работы**

Диссертация состоит из введения, четырех разделов, заключения, списка литературы из 167 наименований и 12 приложений.

Во **введении** обоснована актуальность темы диссертации, сформулирована цель, приведены сведения о научной новизне, теоретической и практической значимости, а также основные положения, выносимые на защиту.

В **первом разделе** приведен анализ подходов и методов по организации процесса предиктивного технического обслуживания и ремонта оборудования на основе данных мониторинга состояния промышленных роботов. Формализована задача разработки комплекса алгоритмов подбора и оценки эффективности моделей интеллектуального анализа данных для прогнозирования параметров работы и потенциальных отказов оборудования на примере промышленных роботов.

Во **втором разделе** приведена структурно-функциональная схема автоматизированной системы управления техническим обслуживанием промышленного робота. Предложена и обоснована архитектура системы автоматизации управления моделями анализа данных на основе конвейерного подхода. Приведены результаты проектирования алгоритма оценки моделей машинного обучения на основе методов вычисления сходства данных.

В **третьем разделе** описаны результаты проектирования и разработки программного обеспечения управления данными и прогнозными моделями интеллектуального анализа для процесса предиктивного технического обслуживания и ремонта с реализацией предложенного алгоритма подбора и оценки эффективности модели машинного обучения. Формализован состав разработанной программной системы в виде UML-диаграммы. Описан процесс тестирования моделей машинного обучения с использованием алгоритма оценки сходства на наборах данных, сформированных с разных единиц оборудования.

В **четвертом разделе** приведены результаты апробации разработанного программно-алгоритмического обеспечения на примере задачи прогнозирования целевого параметра. Изложены результаты имитационного моделирования, подтверждающие экономическую выгоду от внедрения разработанного комплекса алгоритмов.

В **заключении** приведены основные выводы по работе.

В **приложениях** содержатся акты внедрения результатов диссертационного исследования, а также данные о государственной регистрации разработанных программных решений.

В целом диссертация Гончарова Аркадия Сергеевича является законченным исследованием, описывает решение актуальных задач в области анализа данных для предиктивного технического обслуживания промышленных роботов.

#### **Публикации результатов работы.**

Результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на международных конференциях. Опубликованы 3 статьи в изданиях, включенных в перечень ВАК и 1 работа в зарубежном издании, индексируемых в базах научного цитирования Scopus. Получено 2 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ.

**Значимость результатов и рекомендации по использованию результатов.** Результаты, полученные автором, были проверены на практике и подтвердили свою эффективность при внедрении автоматизированного процесса подготовки и конструирования моделей анализа данных для выявления аномальных значений при работе промышленных манипуляторов в ООО «Инспайр-технологии», а также в учебном процессе отделения информационных технологий и робототехники Томского политехнического университета, что подтверждается приложенными к работе актами внедрения. При соответствующей адаптации, предложенные автором подходы к управлению предиктивным техническим обслуживанием и ремонтом, могут быть

распространены на иные типы промышленного оборудования, поддерживающие функции мониторинга и протоколирования текущих значений состояния.

Актуальным направлением развития результатов диссертационного исследования является разработка методов и алгоритмов для предписывающей аналитики, позволяющей автоматизировать формирование предписаний и стратегии технического обслуживания.

### **Замечания по работе.**

К работе имеется ряд вопросов и замечаний.

1. Не в полной мере приведены параметры обучающих и тестовых наборов данных для апробации предложенного комплекса алгоритмов. Для более подробного понимания анализируемого процесса было бы полезно привести графики параметров и метрики описательной статистики.

2. Разработанные программные решения не охарактеризованы с точки зрения таких стандартных критериев качества как надежность, удобство сопровождения, защищенность и пр.

3. Недостаточно полно описаны условия выполнения апробации предложенных автором решений, в частности не представлено описание внешних условий, при которых осуществлялся сбор данных.

4. В подразделе 3.4 представлено две диаграммы последовательности, по какой-то причине визуализированные различным образом.

5. В приложении 11 приведена диаграмма процесса в нотации EPC с ошибкой – процесс должен оканчиваться на событии, а не на процессе.

6. Имеется ряд опечаток. Оформление диссертации не в полной мере соответствует требованиям ГОСТ 7.0.11-2011

Указанные замечания не снижают общей значимости полученных результатов и не влияют на общую положительную оценку диссертационного исследования Гончарова Аркадия Сергеевича.

**Соответствие диссертации критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней.**

Представленная диссертация соответствует пунктам паспорта специальности 2.3.3 – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами»: п. 6 – «Научные основы и методы построения интеллектуальных систем управления технологическими процессами и производствами»; п. 12 – «Методы создания специального математического и программного обеспечения, пакетов прикладных программ и типовых модулей функциональных и обеспечивающих подсистем АСУТП, АСУЦ, АСПШ и др., включая управление исполнительными механизмами в реальном времени».

Опубликованные работы в достаточной степени отражают содержание и основные результаты, полученные автором диссертации.

Автореферат соответствует основному содержанию диссертации.

### **Заключение**

Диссертационная работа Гончарова Аркадия Сергеевича «Автоматизация управления предиктивным техническим обслуживанием и ремонтом промышленных роботов» выполнена на высоком научном уровне, имеет внутреннее единство и является завершённой научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований содержится решение задачи разработки программно-алгоритмических решений по автоматизации процессов предиктивного технического обслуживания и ремонта, имеющей существенное значение для отечественных промышленных производств, что подтверждается соответствующими актами. Работа обладает актуальностью, результаты работы обладают научной новизной и практической значимостью, результаты и выводы обоснованы и достоверны.

Основные результаты работы представлены достаточным количеством публикаций и соответствуют поставленным целям и задачам диссертационного исследования. Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Диссертационная работа соответствует паспорту специальности 2.3.3 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами, и отвечает требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых

степеней», утвержденного Постановлением правительства РФ от 24.09.2013 г. №842, а её автор Гончаров Аркадий Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидат технических наук по специальности 2.3.3 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами.

Диссертационная работа и автореферат Гончарова А.С. на тему «Автоматизация управления предиктивным техническим обслуживанием и ремонтом промышленных роботов» рассмотрены и одобрены на заседании кафедры систем автоматики, автоматизированного управления и проектирования, протокол № 6 от 27.02.2025 г.

Отзыв составил:

профессор каф. «Системы автоматики,  
автоматизированное управление  
и проектирование»,  
проф., д-р техн. наук, (05.13.14)



Ченцов Сергей Васильевич

27 февраля 2025 г.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский федеральный университет»  
660041, Красноярский край, г. Красноярск, пр. Свободный, 79  
контактный телефон.: +7 (391) 206-22-22; 244-86-25,  
E-mail: office@sfu-kras.ru