

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА ГУ.12
ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА (ДОКТОРА) НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 23.06.2025 № 11

О присуждении Вальневу Владиславу Владимировичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Автоматизация процесса управления техническим обслуживанием и ремонтом промышленного оборудования на основе методов машинного обучения» по специальности 2.3.3. Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами принята к защите 18.04.2025, протокол заседания № 4, диссертационным советом ГУ.12 федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II» Минобрнауки России, 199106, Санкт-Петербург, линия 21-я В.О., дом 2, приказ ректора Санкт-Петербургского горного университета о создании диссертационного совета от 03.07.2023 № 1025 адм с изменениями от 24.05.2024 № 780 адм, от 11.09.2024 № 1330 адм, от 05.11.2024 № 1659 адм.

Соискатель, Вальнев Владислав Владимирович, 23 октября 1998 года рождения, в 2022 году окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» по направлению подготовки 15.04.04 Автоматизация технологических процессов и производств.

С 01.10.2022 года по настоящее время является аспирантом очной формы обучения кафедры автоматизации технологических процессов и производств федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II» Минобрнауки России.

Диссертация выполнена на кафедре автоматизации технологических процессов и производств федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II» Минобрнауки России.

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент, **Котелева Наталья Ивановна**, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», кафедра автоматизации технологических процессов и производств, доцент.

Официальные оппоненты:

Темкин Игорь Олегович – доктор технических наук, доцент, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», кафедра «Автоматизированные системы управления», заведующий кафедрой.

Каплун Дмитрий Ильич – кандидат технических наук, доцент, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)», кафедра автоматики и процессов управления, доцент
дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – **федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова»**, г. Грозный, в своем положительном отзыве, подписанном Исаевой Мадией Ризвановной, кандидатом технических наук, заведующей кафедрой «Автоматизация технологических процессов и производств», и утвержденном Минцаевым Магомедом Шаваловичем, доктором технических наук, профессором, ректором, указала, что полученные Вальневым Владиславом Владимировичем результаты

исследования дополняют и вносят вклад в решение вопросов управления техническим обслуживанием и ремонтом промышленного оборудования. Ценность результатов исследования заключается в разработке алгоритма идентификации производственных процессов технического обслуживания и ремонта и на его основе создание программно-аппаратного комплекса для автоматического контроля производственных ручных операций и своевременного выявления брака, что расширяет возможности автоматизации и управления производственными процессами технического обслуживания и ремонта промышленного оборудования.

Соискатель имеет 14 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 14 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 6 работ, в том числе в 2 статьях – в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (далее – Перечень ВАК), в 4 статьях – в изданиях, входящих в международные базы данных и системы цитирования Scopus. Получено 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Общий объем – 4,84 печатных листов, в том числе 3,86 печатных листов – соискателя.

Публикации в изданиях из Перечня ВАК:

1. **Вальнев, В.В.** К вопросу об автоматизации технического обслуживания и ремонта промышленного оборудования / **В.В. Вальнев, Н.И. Котелева** // Современные наукоемкие технологии. – 2024. – № 5-2. – С. 276-283. (ВАК №2509 ред. 23.04.2024).

Соискателем проведен аналитический и научный обзор проблем управления техническим обслуживанием и ремонтом оборудования, сформулирована цель и предложены направления развития темы исследования. Выявлены технические и организационные проблемы, препятствующие эффективному управлению производственными ресурсами

предприятий топливно-энергетического комплекса. Описаны ключевые сложности в управлении процессами технического обслуживания и ремонта оборудования, которые заключаются в недостаточной автоматизации процессов технического обслуживания и ремонта оборудования, низкой прозрачности ремонтных работ. Проведен анализ существующих российских систем управления техническим обслуживанием и ремонтом (ТОиР), их функциональных возможностей и ограничений. Разработана архитектура системы мониторинга процессов ТОиР, функционирующая в ремонтной зоне, которая выполняет: автоматическую идентификацию производственных процессов ТОиР промышленного оборудования, автоматическое создание отчетов о выполненных работах без ручного ввода данных, контроль соблюдения технологических карт ремонта, включая оценку продолжительности выполнения ремонтных работ, контроль технологии и этапов ТОиР.

2. Вальнев, В.В. Новый подход к автоматизации технического обслуживания и ремонта промышленного оборудования / **В.В. Вальнев, Н.И. Котелева, Д.Н. Суворов** // Вестник ГГНТУ. Технические науки. – 2024. – Т. 20. – № 1(35). – С. 34-48. (ВАК № 430 ред. 20.02.2024).

Соискателем проведен научный поиск и анализ литературных источников, в результате которого установлено, что существующие системы управления ТОиР ограничены электронным документооборотом и не обеспечивают автоматического контроля процессов ремонта оборудования, соблюдения технологий и безопасности на рабочем месте. Предложено внедрение подсистемы, интегрированной в систему управления ТОиР, для автоматизации контроля выполнения ремонтных работ, основанной на алгоритме идентификации производственных процессов путем анализа движения рук человека, выполняющего ТОиР. Подготовлена и обоснована методология выполнения лабораторных экспериментов, проведены эксперименты на трех лабораторных установках: распределительный электрический щит, шкаф управления с ПЛК,

асинхронный электродвигатель. Обработаны результаты экспериментов для преобразования видеопотока в структурированную информацию о действиях, выполняемых человеком во время эксперимента.

Публикации в изданиях, входящих в международную базу данных и систему цитирования Scopus:

3. Koteleva, N. Automatic Detection of Maintenance Scenarios for Equipment and Control Systems in Industry / N. Koteleva, **V. Valnev** // Applied Sciences. – 2023. – Vol. 13. – № 24 (12997). DOI: 10.3390/app132412997.

Котелева Н. Автоматическое обнаружение сцен технического обслуживания оборудования и систем управления в промышленности / Н. Котелева, **В. Вальнев** // Прикладные науки. – 2023. – Том 13. – № 24 (12997). DOI: 10.3390/app132412997.

Соискателем проведен анализ литературных источников в области алгоритмов и методов распознавания действий человека в видеопотоке, разработан алгоритм идентификации производственных процессов, основанный на обработке видеопотока, содержащего движение рук человека. Проведен эксперимент для обоснования эффективности применения предложенного алгоритма в сфере технического обслуживания и ремонта оборудования. Проведены лабораторные эксперименты по видеозаписи работ ТОиР на лабораторном оборудовании, представляющем шкаф управления и ленточный горный конвейер. Выполнена обработка предложенным алгоритмом записанных видеофайлов, которая позволила определить действия по откручиванию винтов в шкафу управления, выделить действия человека при работе с мультиметром в руках. Сформулированы выводы и рекомендации по применению результатов исследования, а именно: алгоритм может быть интегрирован в системы управления ТОиР для мониторинга процесса ремонта в реальном времени, обучения персонала, контроля соблюдения технологических карт ремонта, генерации отчетов о выполненных работах во время ТОиР.

4. Koteleva, N.I. Augmented reality as a means of metallurgical equipment servicing / N.I. Koteleva, **V.V. Valnev**, N.A. Korolev // Tsvetnye Metally. – 2023. – № 4. – PP. 14-23. DOI: 10.17580/tsm.2023.04.02.

Котелева Н.И. Дополненная реальность как средство технического обслуживания металлургического оборудования / Н.И. Котелева, **В.В. Вальнев**, Н.А. Королев / Цветные металлы. – 2023. – № 4. – С. 14-23. DOI: 10.17580/tsm.2023.04.02.

Соискателем разработано программное обеспечение на основе технологии дополненной реальности для оценки эффективности применения сквозной технологии при выполнении технического обслуживания и ремонта реактора с перемешивающим устройством, выполнена экспериментальная часть на лабораторном стенде, определен набор требований к системе дополненной реальности при выполнении технического обслуживания, включая интерактивную визуализацию данных, интеграцию с датчиками оборудования и поддержку удаленного доступа. Выполнена проверка эффективности применения системы с дополненной реальностью путем определения среднего времени выполнения каждого этапа обслуживания. Выполнена обработка результатов экспериментов по критерию Манна-Уитни, которая показала сокращение среднего времени обслуживания единицы оборудования в 2,3 раза, а эффективность проведения работ увеличилась на 5 %.

5. Koteleva, N. Investigation of the Effectiveness of an Augmented Reality and a Dynamic Simulation System Collaboration in Oil Pump Maintenance / N. Koteleva, **V. Valnev**, I. Frenkel // Applied Sciences. – 2022. – Vol. 12. – № 1 (350). DOI: 10.3390/app12010350.

Котелева Н. Исследование эффективности совместной работы системы дополненной реальности и системы динамического моделирования при обслуживании нефтяных насосов / Н. Котелева, **В. Вальнев**, И. Френкель / Прикладные науки. – 2022. – Том 12. – № 1 (350). DOI: 10.3390/app12010350.

Соискателем проведен анализ литературных источников, составлена и обоснована методология исследования, разработана динамическая модель технологического участка подготовки нефти и газа к транспортировке. Разработана информационная система, объединяющая дополненную реальность и динамическое моделирование технологического процесса для контроля выполнения технического обслуживания и ремонта нефтяных насосов. В разработанной системе созданы модули для оценки и прогнозирования технического состояния оборудования, визуальный интерфейс в дополненной реальности для оперативного взаимодействия с данными по моделированию и данными технологического оборудования. Проведена оценка эффективности совместного применения динамической модели и системы дополненной реальности в качестве системы поддержки принятия решений на примере выполнения технического обслуживания и ремонта асинхронного электродвигателя, что показало сокращение времени на поиск и обработку информации, необходимой для выполнения работ по техническому обслуживанию и ремонту оборудования.

6. Koteleva, N. Augmented Reality System and Maintenance of Oil Pumps / N. Koteleva, G. Buslaev, **V. Valnev**, A. Kunshin. // International Journal of Engineering. – 2020. – Vol. 33. – № 8. – PP. 1620-1628. DOI: 10.5829/ije.2020.33.08b.20.

Котелева Н. Система дополненной реальности для технического обслуживания нефтяных насосов / Н. Котелева, Г. Буслаев, **В. Вальнев**, А. Куншин // Международный инженерный журнал. – 2020. – Том 33. – № 8. – С. 1620-1628. DOI: 10.5829/ije.2020.33.08b.20.

Соискателем разработано программное обеспечение для помощи в проведении технического обслуживания и ремонта оборудования, выполнен эксперимент для обоснования применимости решения на примере ремонта центробежного насоса с участием четырех групп сотрудников: Группа 1: Использование только бумажных инструкций. Группа 2: Работа исключительно с рекомендациями AR-системы. Группа 3: Помощь эксперта

без использования технологий. Группа 4: Комбинированный подход – AR-рекомендации и поддержка эксперта при необходимости. Выполнена обработка результатов эксперимента, где выявлено, что наибольшая эффективность достигнута в Группе 4, где AR-система дополнялась помощью экспертов.

Публикации в прочих изданиях:

7. Koteleva, N. Augmented reality system and maintenance of electromechanical equipment in industrial production / N. Koteleva, K. Bekenev, **V. Valnev** // Youth Technical Sessions Proceedings. Proceedings of the 6th Youth Forum of the World Petroleum Council Future Leaders Forum. – 2019. – PP. 156-163.

Котелева Н. Система дополненной реальности и технического обслуживания электромеханического оборудования промышленного производства / Н. Котелева, К. Бекенев, **В. Вальнев** // Труды молодежных технических сессий. Труды 6-го Молодежного форума Мирового нефтяного совета будущих лидеров. – 2019. – С. 156-163.

Соискателем проведен научный обзор источников литературы в области применения технологии дополненной реальности при техническом обслуживании и ремонте оборудования, в результате которого определены ключевые сценарии использования дополненной реальности для обслуживания электромеханического оборудования в нефтегазовой отрасли, включая визуализацию данных диагностики, пошаговые инструкции по ремонту и интеграцию с системами управления. В экспериментальной части исследования соискателем выполнена синхронизация данных между системой дополненной реальности и датчиками оборудования, реализовано автоматическое обновление инструкций по ТОиР на основе текущего состояния оборудования. Сделаны выводы по результатам исследования, которые заключаются в том, что применение технологии дополненной реальности к процессам технического обслуживания и ремонта снижает риски ошибок при выполнении производственных работ, связанных с

человеческим фактором, ускоряет реакцию на аварийные ситуации за счет оперативного доступа к критической информации.

8. Koteleva, N.I. Augmented reality technology as a tool to improve the efficiency of maintenance and analytics of the operation of electromechanical equipment / N.I. Koteleva, Y.L. Zhukovskiy, **V. Valnev** // Journal of Physics: Conference Series. – 2021. – Vol. 1753. – № 1. – P. 012058.

Котелева Н.И. Технология дополненной реальности как инструмент повышения эффективности обслуживания и аналитики работы электромеханического оборудования // Н.И. Котелева, Ю.Л. Жуковский, **В. Вальнев** // Журнал физики: Серия конференций. – 2021. Том – 1753. – № 1. – С. 012058.

Соискателем разработано программное обеспечение для мониторинга электрических параметров электромеханического оборудования с применением технологии дополненной реальности. Предложено решение для подключения разработанной системы к промышленным системам управления АСУ ТП, обеспечивающее обмен данными в реальном времени. Выполнено описание методов интеграции разработанной системы со сторонними аналитическими инструментами, что позволяет использовать прогнозную аналитику для предупреждения аварий, анализировать исторические данные для выявления типовых ошибок и оптимизации процедур технического обслуживания и ремонта оборудования на основе методов машинного обучения. Сформулированы выводы в результате исследования, заключающиеся в применимости разработанного решения для сокращения времени обучения сотрудников процессам ТОиР, прогнозирования остаточного ресурса оборудования, визуализации элементов оборудования, требующих ремонта, в системе дополненной реальности.

9. **Вальнев, В.В.** Система мониторинга и контроля производственных процессов обслуживания и ремонта оборудования АСУТП / **В.В. Вальнев**, Н.И. Котелева // Информационные технологии: Сборник тезисов XIII

Конгресса молодых ученых, Санкт-Петербург, 09–11 апреля 2024 года. – Санкт-Петербург: федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО», 2024. – С. 67-68. – EDN COBJDK.

Соискателем выполнен анализ на основе научного обобщения источников литературы, на основе которого определены недостатки существующих систем управления ТОиР, описан способ оценки показателей эффективности процессов технического обслуживания и ремонта на основе идентификации действий во время выполнения производственных работ. Соискателем приведено описание решения по расширению функциональных возможностей существующих систем управления ТОиР за счет внедрения подсистемы идентификации производственных процессов ремонта и обслуживания оборудования, которая позволит в автоматическом режиме контролировать процессы ТОиР оборудования в ремонтной зоне предприятия.

10. Вальнев, В.В. Программный сервис по обслуживанию и ремонту оборудования на основе дополненной реальности / **В.В. Вальнев, Н.И. Котелева** // Проблемы освоения недр в XXI веке глазами молодых: Сборник материалов, Москва, 23–27 октября 2023 года. – Москва: Институт проблем комплексного освоения недр РАН, 2023. – С. 262-265. – EDN GBZBEE.

Соискателем реализован и предложен программный сервис для мониторинга технического состояния технологического оборудования на основе технологии дополненной реальности, выполнено экспериментальное исследование его применения на примере лабораторного асинхронного электродвигателя. Выполнено моделирование технологического процесса участка подготовки нефти и газа к транспортировке с целью оценки технического состояния оборудования в различных условиях эксплуатации. Сделаны выводы по результатам исследования и предложены рекомендации о практическом применении описанных решений, а именно: использование

динамической модели технологического процесса в качестве источника данных для прогнозирования остаточного ресурса оборудования и визуализации данных моделирования в системе дополненной реальности.

11. Вальнев, В.В. Исследование эффективности совместного применения системы дополненной реальности и систем динамического моделирования при выполнении технического обслуживания нефтяных насосов / **В.В. Вальнев** // 76-я Международная молодежная научная конференция «Нефть и газ – 2022»: тезисы докладов 76-ой Международной молодежной научной конференции, Москва, 25–29 апреля 2022 года. Том 2. – Москва: Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина, 2022. – С. 188-189. – EDN NOTTBZ.

Соискателем реализована динамическая модель технологического процесса подготовки нефти, выполнено информационно-коммуникационное взаимодействие с системой дополненной реальности и лабораторным оборудованием на основе протоколов передачи данных Modbus TCP/IP и OPC UA, выполнен анализ эффективности применения разработанной системы и описание протоколов передачи информации между реализованными системами.

12. Вальнев, В.В. Применение дополненной реальности и динамического моделирования для проведения технического обслуживания и ремонта нефтяных насосов / **В.В. Вальнев** // Актуальные проблемы недропользования: тезисы докладов XVIII Международного форума-конкурса студентов и молодых ученых, Санкт-Петербург, 15–20 мая 2022 года. Том 2. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский горный университет, 2022. – С. 347-349. – EDN CKXQKS.

Соискателем разработана система поддержки принятия решения при выполнении технического обслуживания и ремонта оборудования на основе дополненной реальности, проведена оценка вычислительных ресурсов аппаратного обеспечения в зависимости от количества отображаемых

виртуальных моделей в разработанной системе, разработана структура системы дополненной реальности, позволяющая осуществлять доступ к информации в режиме реального времени за счет использования протоколов передачи данных интернета вещей.

13. Вальнев, В.В. Применение системы дополненной реальности для технического обслуживания и ремонта насосов / **В.В. Вальнев** // XVIII Всероссийская конференция-конкурс студентов и аспирантов: Тезисы докладов, Санкт-Петербург, 15–17 апреля 2020 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский горный университет, 2020. – С. 272-273. – EDN ESCLFG.

Соискателем реализовано мобильное приложение на основе технологии дополненной реальности, выполняющее информационную поддержку для оперативного персонала при подготовке и проведении технического обслуживания и ремонта оборудования. Выполнена апробация реализованного приложения на примере обслуживания центробежного насоса в лаборатории.

14. Котелева, Н.И. Программный сервис для автоматизации работ по техническому обслуживанию и ремонту оборудования промышленных предприятий / Н.И. Котелева, **В.В. Вальнев** // Трудноизвлекаемые запасы нефти: Материалы трудов Международной конференции, Альметьевск, 23–24 сентября 2024 года. – Альметьевск: Альметьевский государственный нефтяной институт, 2024. – С. 238-240. – EDN PUDAUM.

Соискателем сформулированы требования к автоматизированным системам управления техническим обслуживанием и ремонтом оборудования, необходимые для автоматического контроля производственных процессов в ремонтной зоне предприятия. Составлена схема взаимодействия программного сервиса с уровнями АСУ ТП и АСУП для информационного сопровождения жизненного цикла промышленного оборудования, позволяющего объединить информацию об оборудовании во время эксплуатации с информацией о ТОиР в единое информационное поле

системы предприятия. Предложена схема алгоритма идентификации производственных процессов и способ интегрирования решения в структуру АСУ ТОиР.

Патенты/свидетельства на объекты интеллектуальной собственности:

1. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023680169 Российская Федерация. Программа обнаружения действий персонала, осуществляющего сервисное и оперативное обслуживание АСУТП. Заявка № 2023668862: заявл. 14.09.2023: опубл. 27.09.2023 / Н.И. Котелева, **В.В. Вальнев**; заявитель «Санкт-Петербургский горный университет». – 1 с.: ил. – Текст: непосредственный.

Соискателем разработана блок-схема предложенного алгоритма, выполнена реализация функций обработки видеопотока для поиска рук человека, функция расчета трех групп признаков, позволяющих описать положение и движение рук человека при выполнении ТОиР, функции анализа признаков во временной области путем расчета статистических параметров, функции анализа признаков в частотно-временной области путем применения вейвлет преобразования и последующим расчетам энтропии и энергии для коэффициентов вейвлет преобразования.

Апробация диссертационной работы проведена на научных конференциях и форумах международного и всероссийского уровня:

– XVIII Международный (16-20 мая 2022 года) и XX всероссийский (1-7 декабря 2024 года) форум-конкурс студентов и молодых ученых «Актуальные проблемы недропользования» (Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, г. Санкт-Петербург), темы докладов: «Application of augmented reality and dynamic modeling for oil pump maintenance» и «Автоматизация управления техническим обслуживанием и ремонтом оборудования на основе методов машинного обучения»;

– 76-я Международная молодежная научная конференция «Нефть и Газ – 2022» (25-29 апреля 2022 года, Российский государственный университет

нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина, г. Москва), тема доклада: «Исследование эффективности совместного применения системы дополненной реальности и систем динамического моделирования при выполнении технического обслуживания нефтяных насосов»;

– 5-й и 6-й Международный семинар «Новые средства и системы автоматизации в горно-обогатительном производстве, металлургии и экологии» (11-12 октября 2022 года, 1-2 октября 2024 года, АО «Союзцветметавтоматика им. Топчаева В.П.», г. Москва), темы докладов: «Применение дополненной реальности и динамического моделирования для проведения технического обслуживания и ремонта электромеханического оборудования» и «Распознавание действий по техническому обслуживанию и ремонту промышленного оборудования на основе методов машинного обучения»;

– XXXI Международный научный симпозиум «Неделя горняка – 2023» (30 января – 03 февраля 2023 года, НИТУ МИСИС, г. Москва), тема доклада: «Технология дополненной реальности как средство проведения технического обслуживания технологических объектов»;

– 16-ая Международная школа молодых ученых и специалистов «Проблемы освоения недр в XXI веке глазами молодых.» (23-27 октября 2023 года, ИПКОН РАН, г. Москва), тема доклада: «Программный сервис по обслуживанию и ремонту оборудования на основе дополненной реальности»;

– 66-я Всероссийская научная конференция МФТИ (01-06 апреля 2024 года, МФТИ, г. Москва), тема доклада: «Алгоритм идентификации этапов технического обслуживания и ремонта объектов автоматизации»;

– XIII Конгресс молодых ученых ИТМО (09-11 апреля 2024 года, ИТМО, г. Санкт-Петербург), тема доклада: «Система мониторинга и контроля производственных процессов обслуживания и ремонта оборудования АСУТП»;

– Международная научно-техническая конференция «Автоматизация, энергетика и машиностроение: технологии и инновации» (13-17 мая 2024 года, Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова, г. Грозный), тема доклада: «Система контроля технического обслуживания и ремонта технологического оборудования»;

– Международная конференция «Трудноизвлекаемые запасы нефти» (23-24 сентября 2024 года, Альметьевский государственный технологический университет «высшая школа нефти», г. Альметьевск), тема доклада: «Программный сервис для автоматизации работ по техническому обслуживанию и ремонту оборудования промышленных предприятий»;

– Международная научно-практическая конференция «Транспорт. Взгляд в будущее» (7-8 ноября 2024 года, Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, г. Санкт-Петербург), тема доклада: «Способ распознавания процессов технического обслуживания и ремонта промышленного оборудования на основе методов машинного обучения».

В диссертации Вальнева Владислава Владимировича отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы от: генерального директора АО «Союзцветметавтоматика им. Топчаева В.П.», к.т.н. **А.В. Дёмина**; старшего научного сотрудника ИПКОН РАН, к.т.н. **Д.А. Клебанова**; профессора кафедры информационных систем и технологий ФГБОУ ВО «СПбГАСУ», д.т.н. **А.М. Наместникова**; заведующего кафедрой информатики и математики СПбГУП, к.т.н. **Е.В. Морозовой**; директора филиала в СЗФО, директора по развитию бизнеса АО «МЦД», к.т.н. **А.Ю. Феоктистова**.

В отзывах дана положительная оценка диссертации, отмечена актуальность темы исследования, научная новизна, теоретическая и практическая значимость, однако имеются следующие замечания и вопросы:

1. В автореферате на рисунке 1 присутствуют сокращения, не раскрытые в тексте, что затрудняет понимание предложенного алгоритма. Например: $S_{общ}$ и G_i . Необходимо дать пояснение этим сокращениям. (к.т.н. А.В. Дёмин);

2. Как интеграция с системами класса MES может повысить эффективность планирования и управления ТООР на основе данных автоматического контроля? (к.т.н. А.В. Дёмин);

3. На рисунке 11 взаимодействие между системами выполняется через некоторое коммуникационное устройство. Остается неясным его функционал, а также методы их взаимодействия. (к.т.н. Д.А. Клебанов);

4. В таблице 1 представлены численные значения метрик точности классификации действий по трем наборам данных. Однако из текста автореферата до конца не ясно, что обозначают эти метрики и их диапазон изменения. (к.т.н. Д.А. Клебанов);

5. На рисунке 11 база данных указана только в одной части схемы. При этом логически она должна присутствовать на каждом из представленных уровней. Объясните, почему она выделена отдельно или ее отсутствие. (д.т.н. А.М. Наместников);

6. В автореферате все эксперименты содержат по 4 действия. Возможно ли применение разработанного алгоритма для большего количества действий? (д.т.н. А.М. Наместников);

7. Стоит уточнить, в каких случаях применим способ фиксации действий от третьего лица, а в каких случаях необходимо фиксировать действия от первого лица. Повлияет ли способ съемки на точность классификации? (к.т.н. Е.В. Морозова);

8. В тексте автореферата упоминаются рисунки 1-11, но самих рисунков не представлено. (к.т.н. Е.В. Морозова);

9. На рисунке 12 автореферата исправление брака разделено на 86% и 14%. Чем объясняется такое разделение и возможны ли другие варианты? (к.т.н. А.Ю. Феоктистов);

10. В блок-схеме алгоритма (рисунок 1) непонятна операция, выполняемая в блоке «Координаты ключевых точек нулевые». Следует ли использовать там условный оператор? (**к.т.н. А.Ю. Феоктистов**);

11. Применение результатов исследования пригодно только на конкретный вид ручных операций на производстве. (**к.т.н. А.Ю. Феоктистов**).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их компетентностью в области диссертационного исследования и наличием публикаций по темам, связанным с применением методов машинного обучения для анализа временных рядов, алгоритмов компьютерного зрения для обработки изображений и видеопотока, а также изучением вопросов автоматизации производственных процессов.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработан алгоритм обработки видеопотока с применением методов машинного обучения, анализирующий перемещения рук человека, для распознавания действий по техническому обслуживанию и ремонту промышленного оборудования.

обоснован и предложен способ повышения эффективности управления производственными процессами за счет сокращения сроков выявления брака при выполнении технического обслуживания и ремонта промышленного оборудования.

предложены три группы признаков, обработка которых предложенным алгоритмом достаточна для идентификации действий человека при обучении модели классификации с точностью не менее 86%.

получены зависимости временной и частотно-временной области признаков от выполняемого человеком действия во время технического обслуживания и ремонта промышленного оборудования.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказаны положения, представляющие собой решение актуальной научной задачи повышения эффективности управления производственными процессами за счет автоматического контроля выполнения технического обслуживания и ремонта (ТОиР) промышленного оборудования, что вносит вклад в расширение представлений об управлении процессами ТОиР и автоматизации производственных процессов на промышленных предприятиях.

использованы современные алгоритмы компьютерного зрения, методы машинного обучения и теория анализа временных рядов для обработки видеопотока и обоснования состава аппаратного обеспечения.

изложены современные концепции и подходы к автоматизации процессов ТОиР промышленного оборудования, основанные на автоматическом контроле производственных работ, выполняемых во время ТОиР в ремонтной зоне.

изучены научно-технические проблемы в области управления ТОиР, связанные с наличием брака при выполнении ручных работ по ТОиР и ограниченным функционалом АСУ ТОиР для контроля производственных работ в ремонтной зоне предприятия.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработан и внедрен в производственную деятельность программно-аппаратный комплекс, осуществляющий автоматический контроль выполнения ручных производственных операций, в АО «Хакель» на линии сборки и монтажа устройств защиты от импульсных перенапряжений (акт внедрения от 03.12.2024 г.) и в АО «СоюзЦМА» при разработке модульной системы управления насосно-аккумуляторными станциями гидравлических прессов в виде технических решений и рекомендаций по идентификации процессов при монтаже и техническом обслуживании (акт внедрения от 20.03.2024 г.).

представлены рекомендации по взаимодействию и интеграции разработанных решений в структуру АСУ ТП и АСУП для информационного сопровождения жизненного цикла промышленного оборудования.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ показана воспроизводимость результатов исследования в различных условиях, заключающаяся в проведении лабораторных и промышленных испытаний на сертифицированном оборудовании при различных способах видеофиксации производственных работ и использовании различных средств индивидуальной защиты.

теория построена на современных исследованиях в области автоматизации производственных процессов, систем управления ТОиР, опыта их промышленной эксплуатации и научных работах, посвященных вопросам ТОиР промышленного оборудования, включая изменения в стратегиях ТОиР и способах оценки технического состояния и диагностики оборудования.

идея базируется на анализе современных вызовов и проблем при повышении эффективности управления производственными процессами и внедрении АСУ ТОиР на промышленные предприятия.

использованы результаты отечественного и зарубежного опыта применения алгоритмов компьютерного зрения и методов машинного обучения для идентификации действий человека, выполняющего техническое обслуживание и ремонт оборудования.

установлено качественное и количественное сопоставление авторских результатов с результатами, представленными в научных рецензируемых источниках по теме диссертации, выраженное в сравнении разработанного алгоритма идентификации производственных процессов ТОиР с существующими алгоритмами распознавания действий человека на основе анализа видеопотока.

использованы общепринятые и известные методы обработки видеопотока, основанные на алгоритмах компьютерного зрения, построения моделей

машинного обучения, а также инструменты статистического и частотного анализа временных рядов.

Личный вклад соискателя состоит в: постановке цели и формулировке задач исследования; анализе отечественной и зарубежной научной литературы по вопросам автоматизации управления процессом технического обслуживания и ремонта промышленного оборудования и методам идентификации действий человека; разработке и обосновании алгоритма идентификации производственных процессов; непосредственное выполнение лабораторных испытаний; обработке и анализе видеозаписей лабораторных и промышленных экспериментальных исследований; разработке программно-аппаратного комплекса для автоматического контроля процесса технического обслуживания и ремонта; выполнении расчетов для обоснования экономической эффективности предложенных решений; апробирование полученных результатов и основных научных положений на научных конференциях и форумах.

В ходе защиты диссертации критических замечаний от членов диссертационного совета высказано не было.

Соискатель Вальнев В.В. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию по обоснованию положений диссертационной работы, отдельных выводов и результатов исследования.

На заседании 23 июня 2025 года диссертационный совет принял решение присудить **Вальневу Владиславу Владимировичу** ученую степень кандидата технических наук за решение научной задачи повышения эффективности управления производственными процессами за счет автоматического контроля выполнения технического обслуживания и ремонта промышленного оборудования, имеющей важное значение в области автоматизации производственных процессов и развитии промышленного и экономического сектора страны.

Председатель
диссертационного совета
Ученый секретарь
диссертационного совета



Наталья Васильевна