

О Т З Ы В

официального оппонента, доктора технических наук, доцента Темкина Игоря Олеговича на диссертацию Вальнева Владислава Владимировича на тему: «Автоматизация процесса управления техническим обслуживанием и ремонтом промышленного оборудования на основе методов машинного обучения», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3. Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами.

Актуальность темы диссертации

Вопросы рациональной организации процессов ТОиР занимают существенное место в решении проблемы повышения эффективности и безопасности функционирования предприятий, особенно в ряде критически важных для нашего государства сферах индустрии, к которым относятся нефтегазовая промышленность, горнометаллургический комплекс, машиностроение, приборостроение и ряд других. Это объясняется резким ростом нагрузок на производственные мощности, усложнением конструкций машин и систем, а также возрастающими требованиями к надежности, безотказности и экономической эффективности их эксплуатации. Современные предприятия все чаще сталкиваются с проблемой износа узлов и агрегатов, что неизбежно приводит к необходимости проведения как плановых, так и внеплановых ремонтных операций. При этом длительность простоев, связанных с восстановительными работами, напрямую влияет на объем выпускаемой продукции и на финансовые показатели предприятий. Следует отметить, что в последние годы достигнуты определенные успехи в разработке моделей предиктивного обслуживания, которые помогают оптимизировать расходы на закупку комплектующих элементов и отдельных узлов технологического оборудования, а также снизить риски возникновения аварийных ситуаций. Тем не менее, сохраняющиеся традиционные подходы к организации процессов ТОиР, предполагающие ручной ввод данных в информационные системы, уже не удовлетворяют требованиям быстрого действия и точности. Действующие автоматизированные системы управления ТОиР (АСУ ТОиР) переводят бумажный документооборот в электронный формат, обеспечивают хранение электронных паспортов оборудования, учет затрат на ТОиР, однако узким местом в сфере ремонта оборудования остается задержка получения фактической информации о ходе ремонтных операций, поскольку сведения о выполненных работах фиксируются только после завершения ТОиР, а выявление дефектов и скрытых дефектных зон происходит зачастую только на этапах контроля качества, когда устранение обнаруженных недостатков требует дополнительных временных и материальных

ОТЗЫВ

ВХ. № 9 - 170 от 04.06.21
АУ УС

ресурсов. В этой связи, чрезвычайно важным становится поиск решений, направленных на обеспечение оперативного контроля за процессами ТОиР и выработки своевременных управляющих воздействий для их корректировки в случае выявленных нарушений. Таким образом, диссертация, посвященная разработке методов создания и алгоритмов функционирования программно-аппаратного комплекса для автоматического контроля процессов ТОиР, в условиях стремительного роста сложности и масштабов производства, отвечает насущным потребностям российской промышленности и является актуальной.

Научная новизна диссертации

Научная новизна диссертации состоит в разработке и обосновании оригинального метода идентификации действий человека во время выполнения ручных операций технического обслуживания и ремонта промышленного оборудования, который позволяет автоматически распознавать и классифицировать действия технического персонала с целью выявления брака в процессах ТОиР и принятия оперативных управленческих решений.

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций

Достоверность и обоснованность научных положений и полученных результатов подтверждается корректным использованием принципов и инструментов обработки и анализа видеопотока, теоретических основ машинного обучения, методов анализа временных рядов.

В работе рассмотрено современное состояние автоматизированных систем управления ТОиР, представлены достоинства и недостатки существующих решений. Результаты теоретических исследований основываются на известных достижениях в области защищаемой специальности.

Обоснованность защищаемых научных положений подтверждается большим объемом экспериментальных исследований, результаты которых демонстрируют высокую точность идентификации действий человека, выполняющего ТОиР различного вида оборудования.

Наличие акта о внедрении результатов исследования в реальные производственные процессы, а также множество публикаций в рецензируемых научных изданиях и многочисленные успешные выступления на международных и всероссийских научных мероприятиях дополнительно подчеркивают достоверность и обоснованность результатов диссертационной работы.

Научные результаты, их ценность

В диссертации Вальнева В.В. содержится ряд новых научных результатов, а именно:

1. Разработан и обоснован оригинальный метод обработки видеопотока, позволяющий идентифицировать действия человека, выполняющего техническое обслуживание и ремонт промышленного оборудования в режиме реального времени, на основе выделенных автором трех групп признаков.

2. Предложена архитектура автоматизированной системы управления техническим обслуживанием и ремонтом для информационного сопровождения жизненного цикла промышленного оборудования, обеспечивающая интеграцию информации о техническом состоянии оборудования во время эксплуатации с данными о ТОиР оборудования в ремонтной зоне.

Результаты диссертационного исследования освещены в 14 печатных работах, 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 международную базу данных и систему цитирования Scopus. Получено 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Теоретическая и практическая значимость результатов диссертации

Теоретическая и практическая значимость результатов диссертации заключается в следующем:

1. Разработан метод идентификации действий технического сотрудника при осуществлении ТОиР, основанный на обработке и анализе данных видеопотока, фиксирующего динамику кистей рук в ходе выполнений рабочих операций.
2. Разработан алгоритм классификации видов деятельности технического сотрудника, позволяющий исследовать различные модели машинного обучения, с целью выбора оптимальной для конкретных типов процессов ТОиР.
3. Сформулированы и обоснованы требования к аппаратному обеспечению для использования разработанного программного обеспечения с целью идентификации действий человека в режиме реального времени.
4. На основе выполненных теоретических исследований разработано программное обеспечение для автоматического контроля процессов ТОиР промышленного оборудования на основе идентификации действий человека (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023680169).

5. Предложено решение по интеграции разработанного программно-аппаратного комплекса в структуру АСУ ТП и АСУП для информационного сопровождения жизненного цикла оборудования во время эксплуатации и ТОиР. Данное решение может использоваться в качестве модульного в рамках АСУ ТОиР и имеет реальную практическую значимость, что подтверждается актами о внедрении в производственные процессы компаний АО «СоюзЦМА», и АО «Хакель»

Рекомендации по использованию результатов работы

Полученные автором результаты могут найти применение на промышленных предприятиях, имеющих в своем составе подразделения, выполняющие ТОиР оборудования, или подрядные организации, специализирующиеся на ремонте оборудования, в проектных организациях, специализирующихся на автоматизации процессов ТОиР, или разработке АСУ ТОиР (СпецТеК, Корпорация Парус, Деснол Софт, Корпорация Галактика).

Научно-исследовательские институты, специализирующиеся на автоматизации производственных процессов, управлении активами предприятия и персоналом могут использовать разработанную автором процедуру для адаптации к другим ручным операциям, выполняемым человеком при техническом обслуживании и ремонте оборудования.

Замечания и вопросы по работе

Диссертация и автореферат написаны на высоком научном уровне. Стоит отметить, что стиль изложения научный, характеризуется хорошей технической грамотностью, сопровождается достаточным количеством иллюстративного материала.

Тем не менее, по представленной к защите работе имеется ряд замечаний:

1. В разделах 2.1.1. и 2.1.2, где автор проводит анализ традиционных и ML-методов анализа видеопотоков, отмечается, что и некоторые нейросетевые модели применяются для решения этих задач, но почему-то не упоминается столь успешно применяемое для решения задач анализа видеопотоков семейство архитектур YOLO.
2. Рис. 2.2 (стр.39) автор определяет, как «схема алгоритма идентификации.....». На мой взгляд, было бы более корректно данное изображение определить как «иллюстрация основных этапов (или процедур) метода идентификации»
3. Раздел 2.1.5. диссертации посвящен перечислению хорошо известных канонических метрик качества классификации и мог бы быть безболезненно для содержания удален из текста диссертации.

4. В названии рисунка 2.13 (стр. 51) приведено пояснение по расположению графиков на странице: «сверху – признаки расстояния; по центру – признаки углов; снизу – геометрические признаки», однако графики расположены горизонтально, что затрудняет их понимание.
5. Во второй главе при обосновании алгоритма идентификации производственных процессов ТОиР исследуется частотно-временная область признаков. Для этого используются функции непрерывного вейвлет преобразования, однако необходимо уточнить, почему не рассматриваются функции дискретного вейвлет преобразования, преобразование Фурье?
6. В работе заявлено, что необходим контроль ручных производственных операций, которые выполняет человек во время ТОиР, однако не приводится статистика производственного брака, полученного в результате ошибок человека.
7. На рисунках 4.5 и 4.6 представлен веб-интерфейс с демонстрацией функций разработанного программно-аппаратного комплекса. На нем представлены подсчет «количества завершенных последовательностей» и определение «времени последней последовательности». Необходимо уточнить, что понимается под «последовательностями»/
8. В главе, посвященной технико-экономической оценке, отмечается, что расчет экономической эффективности может быть адаптирован для другого производственного процесса. Рекомендуется уточнить, какие именно параметры или показатели будут адаптироваться.

Указанные замечания не снижают общего положительного впечатления от работы, научную и практическую ценность диссертационной работы, носят рекомендательный характер и могут быть учтены при дальнейших исследованиях.

Работа полностью соответствует критериям актуальности, научной новизны, практической значимости. Результаты исследования докладывались на двенадцати научных конференциях и нашли отражение в научных публикациях, что подтверждает их ценность. Работа содержит все необходимые разделы, соответствующие требованиям, предъявляемым к кандидатской диссертации, и имеет законченный вид.

Заключение по диссертации

Диссертация «Автоматизация процесса управления техническим обслуживанием и ремонтом промышленного оборудования на основе методов машинного обучения»,

представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3. Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами полностью отвечает требованиям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», утвержденного приказом ректора Санкт-Петербургского горного университета Екатерины II от 20.05.2021 № 953 адм, а ее автор, **Вальнев Владислав Владимирович**, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3. Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами.

Официальный оппонент

Заведующий кафедрой «Автоматизированные системы управления»,
ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский
технологический университет «МИСИС»,
доктор технических наук, доцент



Темкин Игорь Олегович

«29» мая 2025 г.

Подпись Темкина И.О. заверяю

Проректор



И.М. ИСАЕВ

Сведения об официальном оппоненте:

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»

Почтовый адрес: 119049, Москва, Ленинский пр-кт, д. 4, стр. 1

Официальный сайт в сети Интернет: <https://misis.ru/>

эл. почта: temkin.io@misis.ru

телефон: +7 (499) 230 24 34