

УДК 658.5.012.7

DOI 10.17513/snt.40040

К ВОПРОСУ ОБ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ПРОМЫШЛЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Вальнев В.В., Котелева Н.И.

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II»,
Санкт-Петербург, e-mail: KotelevaNI@pers.spmi.ru

В работе рассматривается направление автоматизации технического обслуживания и ремонта оборудования на предприятиях топливно-энергетического комплекса. В области технического обслуживания и ремонта на протяжении многих лет наблюдается ряд проблем, как технических, так и организационных, снижение влияния которых во многом облегчит управление производственными ресурсами предприятия. Описаны основные проблемы, которые возникают при управлении производственными процессами в области технического обслуживания и ремонта оборудования. Рассмотрены отечественные производители систем управления техническим обслуживанием и ремонтом. Предложено направление разработки архитектуры систем управления техническим обслуживанием и ремонтом для снижения влияния описанных проблем на показатели эффективности предприятия. Рассмотрено применение системы мониторинга в ремонтной зоне, выполняющей идентификацию производственных процессов ремонта оборудования с целью автоматизированного составления отчетов о выполненных ремонтных работах и контроля технологической карты ремонта оборудования. В заключение сформулированы эффекты от внедрения системы мониторинга процессов технического обслуживания и ремонта, которые позволят контролировать состояние оборудования как во время эксплуатации, так и во время ремонта.

Ключевые слова: автоматизация, техническое обслуживание и ремонт, система управления, управление производством, цифровизация, жизненный цикл

TO THE QUESTION OF AUTOMATION OF MAINTENANCE AND REPAIR OF INDUSTRIAL EQUIPMENT

Valnev V.V., Koteleva N.I.

¹Empress Catherine II Saint Petersburg Mining University, Saint Petersburg,
e-mail: KotelevaNI@pers.spmi.ru

The paper considers the direction of automation of equipment maintenance and repair at industrial enterprises. The purpose of the work is to describe the conceptual approach to increasing the level of automation of production processes and resources of maintenance and repair of industrial equipment at enterprises of the fuel and energy complex. In the field of maintenance and repair for many years there are a number of problems, both technical and organizational, reducing the impact of which will greatly facilitate the management of production resources of the enterprise. The main problems that arise in the management of production processes in the field of maintenance and repair of equipment are described. Domestic manufacturers of maintenance and repair management systems are considered. The direction of development of architecture of control systems of maintenance and repair for reduction of influence of the described problems on indicators of efficiency of the enterprise is offered. The application of the monitoring system in the repair area, which performs the identification of production processes of equipment repair for the purpose of automated reporting on completed repair work and control of the technological map of equipment repair is considered. In the conclusion the effects from the implementation of the monitoring system of maintenance and repair processes are formulated, which will allow to control the state of the equipment both during operation and during repairs.

Keywords: automation, maintenance and repair, control system, production management, digitalization, life cycle

Сегодня предприятия топливно-энергетического комплекса (ТЭК) формируют более 20% валового внутреннего продукта (ВВП) [1, 2]. В связи с этим обеспечение благоприятных условий для функционирования производственных и бизнес-процессов в ТЭК – заметный фактор социально-экономического развития [3]. Промышленные предприятия сталкиваются с различными ограничениями в своей деятельности. Согласно аналитике Российского союза промышленников и предпринимателей, главным ограничением в 2023 году для 40% респондентов, основными представителями которых являются участники предприятий

ТЭК, стало ухудшение условий поставки сырья и комплектующих [4]. Около четверти компаний отметили проблемы в сфере логистики. При этом повышение эффективности деятельности руководители компании связывают, в первую очередь, с сокращением расходов, внедрением энергосберегающих технологий и импортозамещением [4]. Сокращение расходов в основном направлено на административные и общехозяйские нужды [4]. Ключевые направления Российской Федерации в области поддержки промышленных предприятий ТЭК предполагает импортозамещение и создание наукоемких технологий.

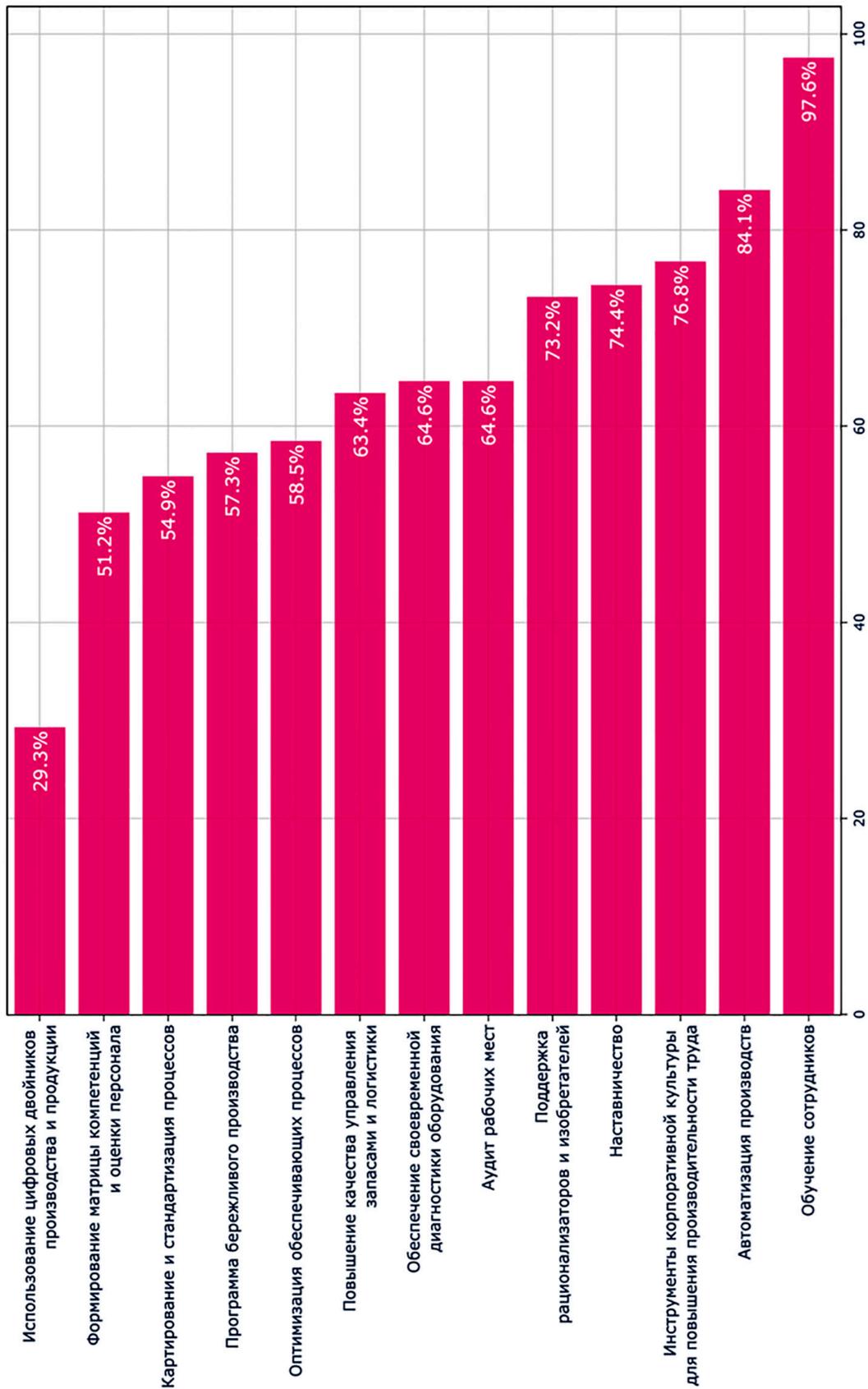


Рис. 1. Направления для повышения производительности труда в компаниях [5]

На рисунке 1 [5] показаны стратегии, за счет которых компании намерены повышать производительность труда. Из перечисленных стратегий большинство компаний заинтересованы в повышении квалификации сотрудников и автоматизации производства.

Более того, согласно данным российской статистики, инвестиции промышленных предприятий в первую очередь ориентированы на автоматизацию производственного процесса и замену изношенной техники и оборудования [6]. Таким образом, особо актуальным является направление автоматизации технического обслуживания и ремонта промышленного оборудования на предприятиях топливно-энергетического комплекса.

Цель исследования – описать концептуальный подход к повышению уровня автоматизации производственными процессами и ресурсами технического обслуживания и ремонта промышленного оборудо-

вания на предприятиях топливно-энергетического комплекса.

Материал и методы исследования

Основными материалами, используемыми при подготовке статьи, являлись научные статьи и официальные сайты Правительства Российской Федерации.

Результаты исследования и их обсуждение

Бесперебойная, надежная и безопасная эксплуатация технологического оборудования является главной задачей для любого промышленного предприятия. Эксплуатация технологического оборудования приводит к износу его элементов, причем как механических, так и электронных компонентов. Для поддержки работоспособного состояния оборудования необходимо проведение технического обслуживания или ремонта.

Таблица 1

Системы управления техническим обслуживанием и ремонтом

Система управления	Пользователь	Отрасль ТЭК
1С: ТОИР	ПАО «Татнефть»	нефтегазовая
	АО «Минудобрения»	химическая
	«Сахалин Энерджи»	нефтегазовая
	ООО «Газпромнефть-Снабжение»	нефтегазовая
	АО «Алматинские электрические станции»	электроэнергетика
	ООО «Хевел»	электроэнергетика
	АО «Сибирская Сервисная компания»	нефтегазовая
	ООО «ЭнергоТехСервис»	электроэнергетика
АО «Уралкабель»	электроэнергетика	
Парус	АО «Сибирская Угольная Энергетическая Компания» (СУЭК)	угольная
	АО «Татэнерго»	электроэнергетика
	ПАО «НГК «Славнефть»	нефтегазовая
Global EAM	ООО «НИКОХИМ»	химическая
	ГУП «Литейно-прокатный завод»	металлургическая
	АО «ГК «Электроцит»-ТМ Самара»	электроэнергетика
	ООО «Чакан ГЭС»	электроэнергетика
TRIM	ООО «Южно-Кузбасская энергетическая компания»	электроэнергетика
	АО «Ярославская электросетевая компания»	электроэнергетика
	ООО «Амурский гидromеталлургический комбинат»	металлургическая
	ООО «Богуславец»	горная
	ОАО «Евразруда»	горная
Галактика	ПАО «Транснефть»	нефтегазовая
	ООО «Газпром добыча Оренбург»	нефтегазовая
	АО «Ангарская нефтехимическая компания»	нефтегазовая
	АО «Концерн Росэнергоатом»	электроэнергетика
	ОАО «Северо-Кузбасская энергетическая компания»	электроэнергетика

Описанная область производственно-го процесса выполняется специалистами вручную и не исключает влияния человеческого фактора. В связи с этим качество проведенного технического обслуживания и ремонта зависит от опыта и компетентности сотрудника, выполняющего работу. Для автоматизации процессов технического обслуживания и ремонта технологического оборудования применяются системы управления производственными процессами как отечественных, так и зарубежных производителей. Отечественные решения представлены в таблице 1 [7]. Перечисленные системы управления обеспечивают планирование и управление ресурсами, необходимыми для проведения технического обслуживания и ремонта. В качестве таких ресурсов могут быть как складские запасы и комплектующие, так и электронные документы и паспорта оборудования.

Среди представленных систем управления некоторые продукты существуют на рынке более 20 лет. С тех пор мировая промышленность не стояла на месте и постепенно претерпевала изменения в сторону повышения эффективности и модернизации производства [8, 9]. Соответственно, подходы к проведению ремонтных работ также менялись. На рисунке 2 представлена эволюция подходов к проведению технического обслуживания и ремонта оборудования [10, 11]. По рисунку 2 можно сделать вывод

о том, что компании при проведении технического обслуживания и ремонта со временем отказываются от планово-предупредительных ремонтов в сторону фактического обслуживания и ремонта по состоянию, а также в последнее время наблюдается рост направления предиктивной диагностики [12], которая подразумевает расчет остаточного ресурса и прогнозирование срока службы оборудования. Такой переход наблюдается по той причине, что многие промышленные предприятия имеют фонд оборудования с длительным периодом использования [13, 14]. Приведенные факторы снижают надежность оборудования на фоне старения и износа и вынуждают проводить углубленные ремонты, что подразумевает более сложные и длительные работы по восстановлению работоспособности технологического оборудования [15, 16]. Для предотвращения выполнения продолжительных работ по ремонту оборудования необходимы научно-технические исследования по применению современных методов и технологий в системах управления техническим обслуживанием и ремонтом [17, 18].

Производственные процессы в сфере технического обслуживания и ремонта характеризуются рядом проблем, которые системы управления не учитывают. Часто встречающиеся проблемы в сфере технического обслуживания и ремонта промышленного оборудования представлены в таблице 2.

Таблица 2

Проблемы технического обслуживания и ремонта промышленного оборудования

Категория	Проблема
Доступность и наличие ресурсов	P1. Нехватка квалифицированных специалистов для проведения ремонта и обслуживания
	P2. Отсутствие необходимых деталей и комплектующих для замены
	P3. Продолжительность ремонта и обслуживания
Технические проблемы	P4. Несоответствие технических характеристик новых деталей и комплектующих старому оборудованию
	P5. Спрос на совершенствование и расширение программного обеспечения применительно к техническому обслуживанию и ремонту
	P6. Недостаточная эффективность и точность диагностики проблем оборудования
Условия проведения ремонта	P7. Необходимость проведения ремонта в условиях повышенной опасности (таких как высокое напряжение, высокая температура, химические вещества и др.)
	P8. Необходимость адаптации к современным технологиям и системам
Организационные проблемы	P9. Необходимость проведения ремонта в условиях ограниченного доступа к технической документации и инструкциям по эксплуатации оборудования, техническим характеристикам оборудования
	P10. Необходимость проведения ремонта в условиях ограниченного доступа к транспортным средствам для доставки необходимых материалов и оборудования
	P11. Необходимость проведения ремонта в условиях ограниченного доступа к техническим службам и сервисным центрам

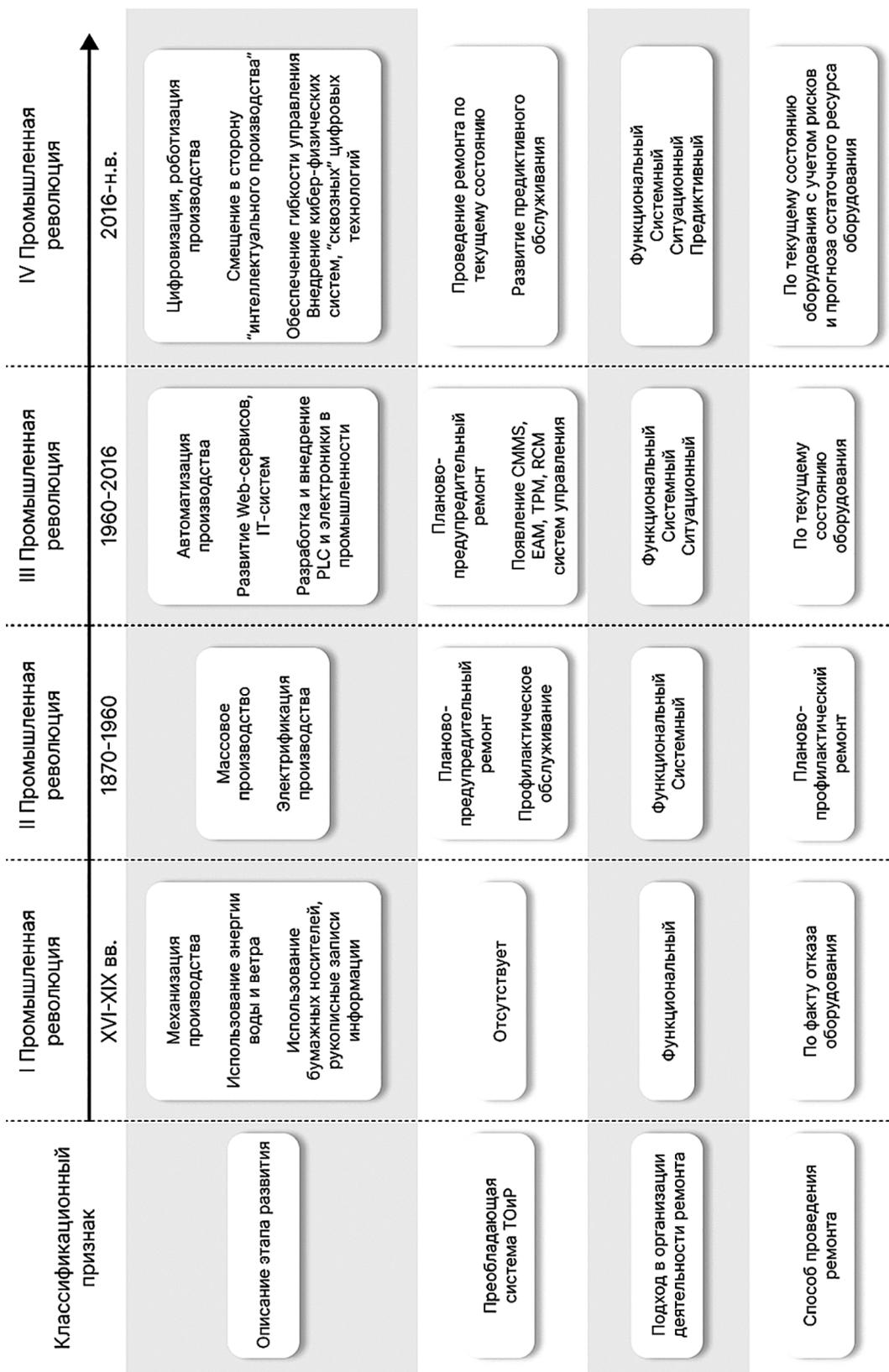


Рис. 2. Эволюция систем управления техническим обслуживанием и ремонтом [10]

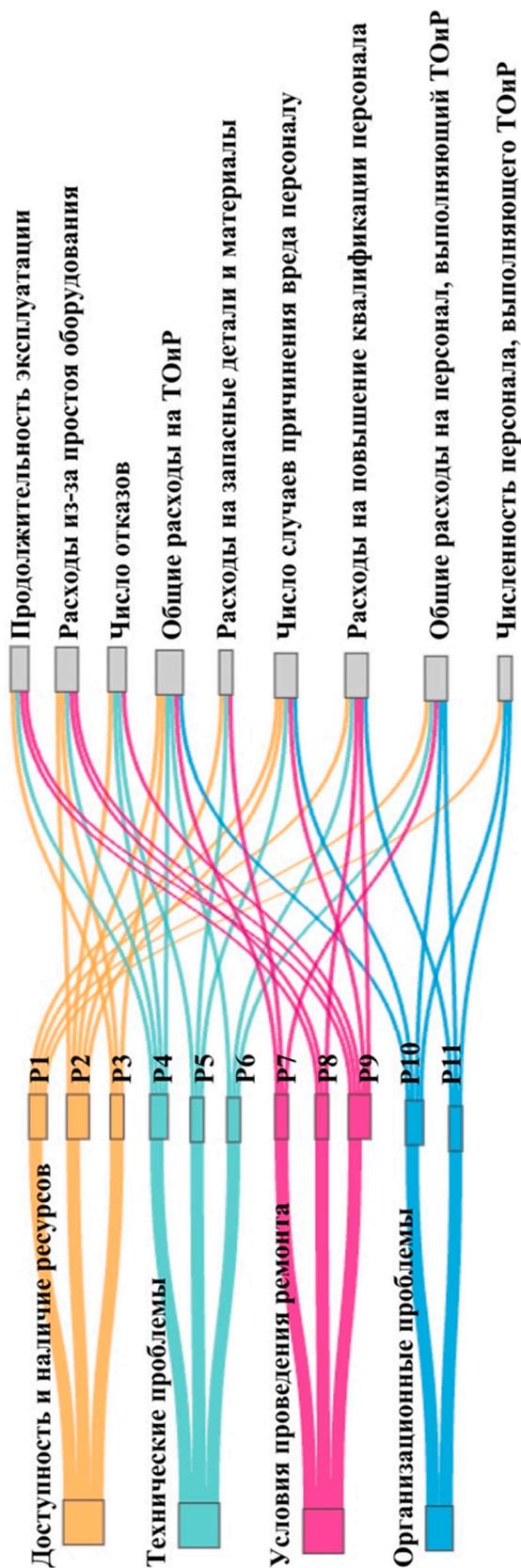


Рис. 3. Взаимосвязь научно-технических проблем и ключевых показателей эффективности в области технического обслуживания и ремонта оборудования

Отсутствие необходимого функционала в системах управления снижает показатели эффективности предприятия. Оценку эффективности работ по техническому обслуживанию и ремонту оборудования регламентирует ГОСТ Р 57330-2016 «Системы технического обслуживания и ремонта. Ключевые показатели эффективности» [19]. Авторами сформированы взаимосвязи между проблемами и показателями эффективности (рис. 3). По рисунку 3 видно, что для повышения эффективности производства в области технического обслуживания и ремонта необходимо комплексное развитие всех выделенных категорий в сфере технического обслуживания и ремонта оборудования. Для того чтобы учитывать не только технические проблемы, но и другие категории проблем, следует контролировать состояние оборудования на всех этапах жизненного цикла [20]. В связи с этим направление автоматизации технического обслуживания и ремонта промышленного оборудования нуждается в разработке системы контроля состояния оборудования до ремонта, во время ремонта и после ремонта, а также в создании системы мониторинга сотрудников в ремонтном цеху, тем самым будут обеспечены соблюдение техники безопасности, управление складскими запасами, материалами и другими ресурсами.

Заключение

Если управление производственными ресурсами и непрерывный контроль за эксплуатацией оборудования обеспечиваются функционалом существующих систем управления техническим обслуживанием и ремонтом, то контроль за оборудованием и за процессами, которые происходят в ремонтной зоне, для систем управления является черным ящиком. Информация о проведенных во время ремонта мероприятиях вводится вручную сервисными инженерами. Таким образом, в данной статье предложен новый концептуальный подход к повышению уровня автоматизации технического обслуживания и ремонта промышленного оборудования на предприятиях топливно-энергетического комплекса, отличающийся от известных аналогов тем, что система управления техническим обслуживанием и ремонтом должна учитывать состояние оборудования не только на этапе его эксплуатации, но и на этапе технического обслуживания и ремонта в ремонтной зоне за счет внедрения в ремонтной зоне системы контроля, выполняющей идентификацию производственных процессов ремонта оборудования с последующим автоматическим составлением отчета о выполнении ремонт-

ных работ и предоставлением информации об оборудовании, характеризующей его текущее состояние в сравнении с состоянием до ремонта. Так описанная система контроля позволит оценить эффективность ремонтных работ с точки зрения восстановления технологических показателей оборудования. Предложенный подход к автоматизации производственных процессов будет способствовать снижению влияния существующих проблем в сфере технического обслуживания и ремонта и позволит сделать управление производственными процессами промышленного предприятия более гибким, информативным и интеллектуальным за счет применения современных научно-технических исследований в области обработки информации и цифровых технологий. Описанная система контроля может развиваться также в направлении обеспечения безопасности на производстве, производя контроль не только за процессами ремонта, но и за соблюдением техники безопасности и наличием средств индивидуальной защиты. Для реализации системы контроля идентификации производственных процессов необходимо рассматривать построение архитектуры системы, основанной на анализе изображения с видеокамеры методами компьютерного зрения и машинного обучения. Современная тенденция на внедрение интеллектуальных систем управления затрагивает все уровни автоматизации предприятия – от нижнего уровня до бизнес-процессов. Результатом функционирования системы управления техническим обслуживанием и ремонтом являются увеличение эффективного жизненного цикла оборудования и финансовый результат предприятия.

Список литературы

1. Павел Сорокин: «Российский ТЭК играет ключевую роль в мировой энергетике» // Минэнерго. [Электронный ресурс]. URL: <https://minenergo.gov.ru/?news-item=pavel-sorokin-rossiyskiy-tek-igraet-klyuchevuyu-rol-v-mirovovoyenergetike> (дата обращения: 22.04.2024).
2. Zhukovskiy Y., Koshenkova A., Vorobeva V., Rasputin D., Pozdnyakov R. Assessment of the Impact of Technological Development and Scenario Forecasting of the Sustainable Development of the Fuel and Energy Complex // *Energies*. 2023. V. 16(7). P. 3185. DOI: 10.3390/en16073185.
3. Tananykhin D., Grigorev M., Simonova E., Korolev M., Stecyuk I., Farakhov L. Effect of Wire Design (Profile) on Sand Retention Parameters of Wire-Wrapped Screens for Conventional Production: Prepack Sand Retention Testing Results // *Energies*. 2023. V. 16. P. 2438. DOI: 10.3390/en16052438.
4. Состояние российской экономики и деятельность компаний: результаты мониторинга РСПП во III квартале 2023 года // Российский союз промышленников и предпринимателей. [Электронный ресурс]. URL: <https://rspp.ru/activity/analytics/sostoyanie-rossiyskoy-ekonomiki-i-deyatelnost-kompaniy-rezultaty-monitoringa-rspp-vo-iii-kvartale-20/> (дата обращения: 22.04.2024).

5. Ключевые направления политики в области импортозамещения: взгляд бизнеса // Российский союз промышленников и предпринимателей. [Электронный ресурс]. URL: <https://rspp.ru/activity/analytics/klyucheve-napravleniya-politiki-v-oblasti-importozameshcheniya-vzglyad-biznesa/> (дата обращения: 22.04.2024).
6. Промышленное производство в России // Росстат. [Электронный ресурс]. URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Prom_proiz-vo_2021.pdf (дата обращения: 22.04.2024).
7. Измайлов М.К. Сравнительный анализ современных ЕАМ-систем, используемых в Российской и зарубежной практике // Beneficium. 2020. №2 (35). С. 35-42. DOI: 10.34680/BENEFICIUM.2020.2(35).35-42.
8. Rusin A., Baryshev Y. Improving Equipment Reliability and System Maintenance and Repair Efficiency // Civil Engineering Journal. 2019. V. 5. № 8. P. 1799–1811. DOI: 10.28991/cej-2019-03091372.
9. Ahmadian S., Alabdullah T.T.Y., Motaghian I. Maintenance and repairs system of automotive industry for sustainable internationalization // International Journal on Advanced Technology, Engineering, and Information system. 2023. V. 2. № 2. P. 106–123. DOI: 10.55047/ijateis.v2i2.804.
10. Ерохин Е.А., Осинцев А.Н. Эволюция систем технического обслуживания и ремонта оборудования. // Организатор производства. 2009. Т. 43, № 4. С. 37–41.
11. Mohd Noor H., Mazlan S.A., Amrin A. Computerized Maintenance Management System in IR4.0 Adaptation - A State of Implementation Review and Perspective // IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 2021. Т. 1051. № 1. С. 012019. DOI: 10.1088/1757-899X/1051/1/012019.
12. Ramani B. V., Amith C.A., Oommen J.M., Babu J., Paul T., Sankar V. Predictive analysis for industrial maintenance automation and optimization using a smart sensor network // 2016 International Conference on Next Generation Intelligent Systems (ICNGIS). Kottayam: IEEE, 2016. P. 1–5. DOI: 10.1109/ICNGIS.2016.7854004.
13. Zhukovskiy Y., Tsvetkov P., Buldysko A., Malkova Y., Stoianova A., Koshenkova A. Scenario Modeling of Sustainable Development of Energy Supply in the Arctic // Resources. 2021. V. 10. № 12. P. 124. DOI: 10.3390/resources10120124.
14. Череповицын А.Е., Третьяков Н.А. Разработка новой системы оценки применимости цифровых проектов в нефтегазовой сфере // Записки Горного института. 2023. Т. 262. С. 628–642.
15. Ariwibowo D. Failure Analysis Of Water Pump Shaft // Journal of Vocational Studies on Applied Research. 2019. V. 1. № 2. P. 27–30. DOI: 10.14710/jvsar.v1i2.6301.
16. Мякотных А.А., Иванова П.В., Иванов С.Л. К вопросу классификации комплексов добычи торфяного сырья // Горная промышленность. 2023. Т. 6. С. 137–142. DOI: 10.30686/1609-9192-2023-6-137-142.
17. Стоянова А.Д., Трофимец В.Я., Калач А.В. Системный анализ и управление корпоративными организациями на основе ESG-подхода // Моделирование. Воронежский институт высоких технологий. 2023. Т. Оптимизация и информационные технологии. С. 1112. DOI: 10.26102/2310-6018/2023.40.1.011.
18. Ren Z., Verma A.S., Li Y., Teuwen J.J.E., Jiang Z. Off-shore wind turbine operations and maintenance: A state-of-the-art review // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2021. V. 144. P. 110886. DOI: 10.1016/j.rser.2021.110886.
19. ГОСТ Р 57330-2016. Системы промышленной автоматизации и интеграция. Системы технического обслуживания и ремонта. Ключевые показатели эффективности. Введен 01.06.2017. М.: Стандартинформ, 2020. 26 с.
20. Smith P. Taking a whole life approach to pump operation and maintenance // World Pumps. 2015. V. 2015. № 2. P. 32–36. DOI: 10.1016/S0262-1762(15)70027-1.