

ОБЕСПЕЧЕНИЕ И ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ

Корниенко А.В.¹

¹Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
г. Санкт-Петербург, kornienkoav1997@mail.ru

Ключевые слова: оборудование, надежность, технология цифровых двойников, машиностроительное предприятие, технологическое лидерство.

Существующие подходы к организации процессов обслуживания и ремонтов оборудования, равно как и процессы обеспечения надежности и бесперебойности работы станков, несовершенны в части уровня прогнозируемости возникновения отклонений и неисправностей, что также объясняется разрозненностью данных [1; 2]. Стратегии реализации технического обслуживания в каждом отдельном случае имеют существенные недостатки, что представлено на рис. 1.

Наиболее эффективным видом технического обслуживания следует считать проактивное (предиктивное, прогностическое) обслуживание, которое предполагает предотвращение сбоев, отклонений и отказов за счет прогнозирования [3], что напрямую определяет надежность станка и позволяет оценить оставшийся ресурс оборудования, а также спланировать сложные мероприятия по техническому обслуживанию. Реализация данного подхода возможна за счет внедрения передовых цифровых и производственных технологий, таких как цифровой двойник оборудования [1; 2; 4–7], интегрированный с системой промышленного интернета вещей [8]. Безусловно, развертывание цифровых двойников и системы промышленного интернета требует финансовых вложений и высокого уровня компетенций и экспертизы персонала, однако ожидаются значительные преимущества.

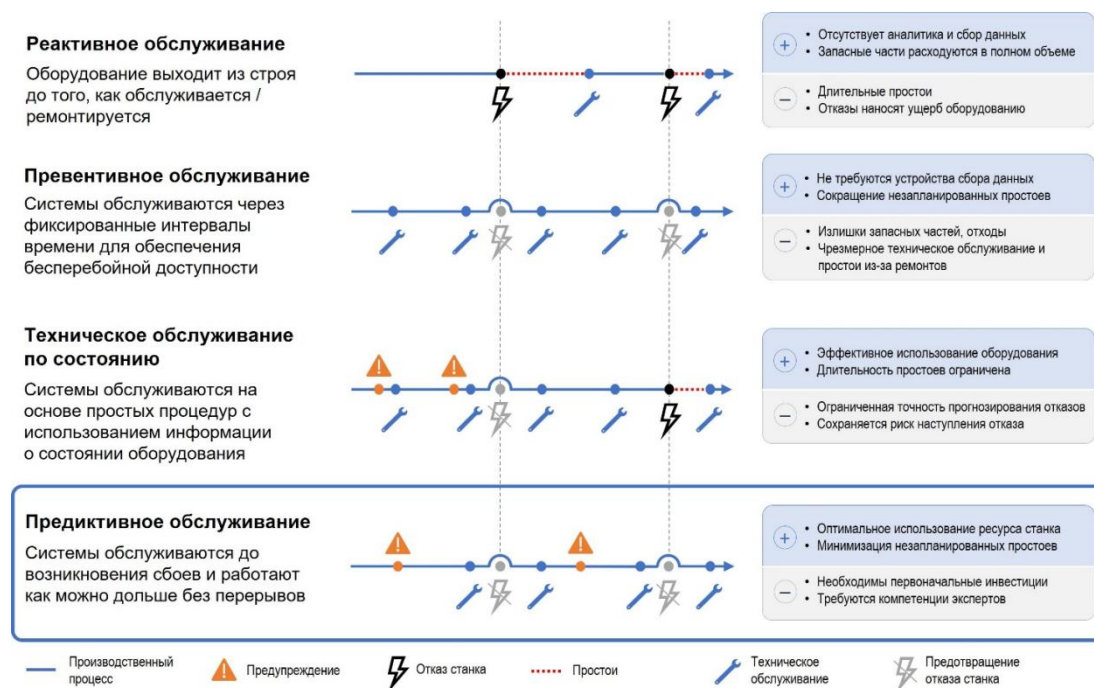


Рис. 1 – Стратегии технического обслуживания в контексте промышленности
(источник: по материалам Deloitte [3])

Согласно, статистике, реализация прогностического обслуживания увеличивает длительность безотказной работы оборудования до 20% [3], сокращает затраты и увеличивает готовность оборудования к выполнению производственного заказа, что критически важно в

условиях формирования технологического лидерства [9]. Надежность оборудования в данном случае – фактор, напрямую определяющий конкурентоспособность производства [10].

Разработанная автором процессная модель обеспечения надежности оборудования, алгоритм повышения надежности и модель вероятности безотказной работы [1; 2; 4–7] являются практико-ориентированными подходами, которые могут быть применимы при принятии решения о целесообразности развертывания цифрового двойника и последующем внедрении технологии в деятельность предприятия. Реализация процессной модели и алгоритма должна сопровождаться развертыванием программно-реализуемой системы цифрового двойника оборудования, которая в общем случае может содержать четыре ключевых составляющих (компонента), что представлено на рис. 2.

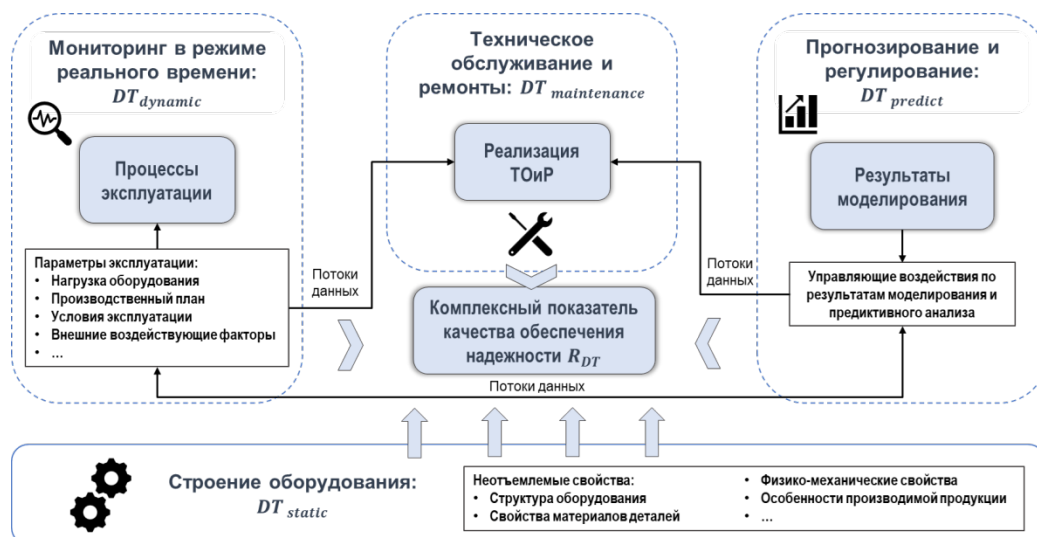


Рис. 2 – Взаимодействие компонентов, составляющих основу программной реализации цифрового двойника оборудования (источник: разработано автором)

Согласно предлагаемому подходу к обеспечению и повышению надежности оборудования, цифровой двойник должен обеспечивать описание структуры оборудования и неотъемлемых свойств (DT_{static}), мониторинг состояния в режиме реального времени ($DT_{dynamic}$), отслеживание процедур технического обслуживания и ремонтов ($DT_{maintenance}$), предиктивный анализ и прогнозирование ($DT_{predict}$). Формирование потоков данных (согласно ГОСТ Р 57700.37–2021, двусторонние информационные связи – неотъемлемая часть цифрового двойника [11]), реализуемых с применением технологий промышленного интернета, и интеграция с системами моделирования процессов эксплуатации обеспечат достижение высокого уровня надежности оборудования и удлинение его жизненного цикла.

Эффективное развертывание технологии цифровых двойников обеспечит повышение значения комплексного показателя качества обеспечения надежности оборудования – критического элемента, занимающего важную позицию в оценке конкурентоспособности производственной системы.

Список литературы

1. Корниенко А.В., Мартынец Е.Р., Левенцов В.А. Надежность технологического оборудования как фактор эффективности производственного процесса // Петербургский экономический журнал. 2025. № 1. С. 42-53.
2. Корниенко А.В., Мартынец Е.Р., Левенцов В.А. Обзор подходов к определению «надежность оборудования». Классификация технологического оборудования в зависимости от уровня надежности // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. 2025. № 1 (369). С. 98-112.

3. Deloitte Predictive Maintenance. – URL: https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/de/Documents/deloitte-analytics/Deloitte_Predictive-Maintenance_PositionPaper.pdf (датаобращения: 20.05.2025).
4. Корниенко А.В. Принципы обеспечения и повышения надежности технологического оборудования // Актуальные проблемы менеджмента качества, стандартизации и метрологии : Сборник докладов X Всероссийской научно-практической Интернет-конференции, Белгород, 11 февраля 2025 года. 2025. С. 171-174.
5. Корниенко А.В., Мартынец Е.Р., Левенцов В.А. Система качества производственного процесса и надежность технологического оборудования // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 4: Промышленные технологии. 2024. № 3. С. 38-43.
6. Корниенко А.В., Левенцов В.А., Мартынец Е.Р. Этапы повышения надежности технологического оборудования // Национальная (всероссийская) научно-практическая конференция «Цифровые технологии и управление качеством в технических системах», Москва, 02–24 декабря 2024 года. 2024 (в печати).
7. Корниенко А.В., Левенцов В.А. Алгоритм мониторинга надежности технологического оборудования с применением технологии цифровых двойников // Национальные концепции качества: роль качества в стратегиях социально-экономического развития в новом мире : Сборник материалов XV Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 18–22 октября 2024 года. 2024. С. 148-151.
8. Industrial IoT Market & Use Cases Statistics for 2025. – URL: <https://www.itransition.com/iot/industrial> (датаобращения: 21.05.2025).
9. Федеральный закон от 28.12.2024 г. № 523-ФЗ «О технологической политике в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». – URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/51500> (дата обращения: 17.05.2025).
10. Корниенко А.В., Левенцов В.А. Факторы повышения эффективности процессов организации производства // Управление качеством продукции на основе передовых производственных технологий: сборник тезисов докладов IV Международного форума «Передовые цифровые и производственные технологии». 2023. С. 52-57.
11. Цифровые двойники в высокотехнологичной промышленности : монография / А.И. Боровков [и др.]; ред. А.И. Боровков. СПб: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2022. 492 с.

Сведения об авторах

Корниенко Александр Владимирович, аспирант Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, инженер лаборатории «Моделирование технологических процессов и проектирование энергетического оборудования» СПбПУ; область интересов – организация производства, управление качеством, надежность, техническое обслуживание, передовые цифровые и производственные технологии, цифровые двойники

ENSURING AND ENHANCING EQUIPMENT RELIABILITY USING DIGITAL TWINS

Kornienko A.V.¹

¹Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
St. Petersburg, kornienkoav1997@mail.ru

Proactive maintenance is the most effective way to ensure and improve the equipment reliability, which is possible due to the implementation of digital twins and industrial Internet. The presented software implementation of the digital twin of equipment creates a high level of reliability and competitive advantages.