

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ И ОПТИМИЗАЦИЯ ЗАТРАТ НА ТООИР С ПОМОЩЬЮ РЕШЕНИЯ HONEYWELL FORGE APM

Р.А. Шайдуллин, М.Е. Савинова (АО «Хоневелл»)

Проанализированы особенности управления эффективностью активов, практики обслуживания оборудования и технологии, влияющие на развитие глобального подхода к управлению активами предприятия. Представлено комплексное решение Honeywell Forge Asset Performance Management для анализа состояния оборудования, выявления снижения производительности активов, прогнозирования отказов и оптимизации стратегий обслуживания оборудования. Описаны функциональные возможности создания оптимальной стратегии управления активами на основе факторов риска, критичности и прогнозируемых результатов, а также возможности решения проводить финансовую оценку выбранных стратегий ТООИР и осуществлять автоматизированное внедрение новых стратегий. Приводится пример проекта оптимизации стратегий обслуживания в нефтегазовой промышленности.

Ключевые слова: Asset Performance Management, техническое обслуживание и ремонт, надежность, мониторинг состояния оборудования, предиктивная аналитика, анализ производительности оборудования, стратегия обслуживания, оптимизация затрат на обслуживание оборудования.

Введение

Управление промышленными активами сегодня является более комплексным и высокотехнологичным, чем когда-либо прежде. Благодаря многочисленным достижениям в области компьютерных технологий, необходимых для модернизации промышленности, внутренняя ИТ-экосистема промышленного предприятия насчитывает сегодня множество различных решений, вовлеченных в глобальный процесс управления производственными активами. Стратегический подход к управлению активами обеспечивает целый ряд преимуществ, включая эффективность эксплуатации и экономию затрат, увеличение срока службы активов, повышение надежности и безопасности. Более того, в современном цифровом мире управление активами предприятия (EAM – Enterprise Asset Management) переходит на новый уровень и ориентируется не только на планирование и реализацию ТООИР, но и на управление эффективностью активов – Asset Performance Management (APM) – и продолжает развиваться [1].

Автоматизация все чаще используется для поиска путей снижения затрат и повышения эффективности в тяжелой промышленности, такой как нефтегазовая,

химическая или добыча полезных ископаемых. Например, автоматизация планирования технического обслуживания позволяет обеспечить проактивное обслуживание активов. Такая автоматизация позволяет увеличить объем производства, поскольку время простоя можно запланировать, а не ждать поломки, что гораздо более разрушительно и менее предсказуемо.

Управление эффективностью активов – это дисциплина, интерес к которой растет в первую очередь со стороны тяжелой и «актиоемкой» промышленности. По данным GlobalData (<https://www.globaldata.com/>), ведущей компании по обработке данных и аналитике, в условиях растущей конкуренции и снижения маржи в тяжелой промышленности управление активами приобретает все большую актуальность в повышении операционной эффективности. Данный спрос обусловлен спецификой данной отрасли, а именно:

- управление огромным числом различного и специализированного оборудования и связанными с ними многочисленными процессами;
- найм технических специалистов для контроля и обслуживания оборудования из сторонних, специализированных организаций;

- постоянное прохождение проверок и контроля на соответствие нормативным требованиям.

В то же время отрасль управляет устаревающими элементами инфраструктуры, стараясь извлечь из них оптимальную производительность при минимизации рисков для окружающей среды и безопасности.

Программные решения, направленные не только на управление,

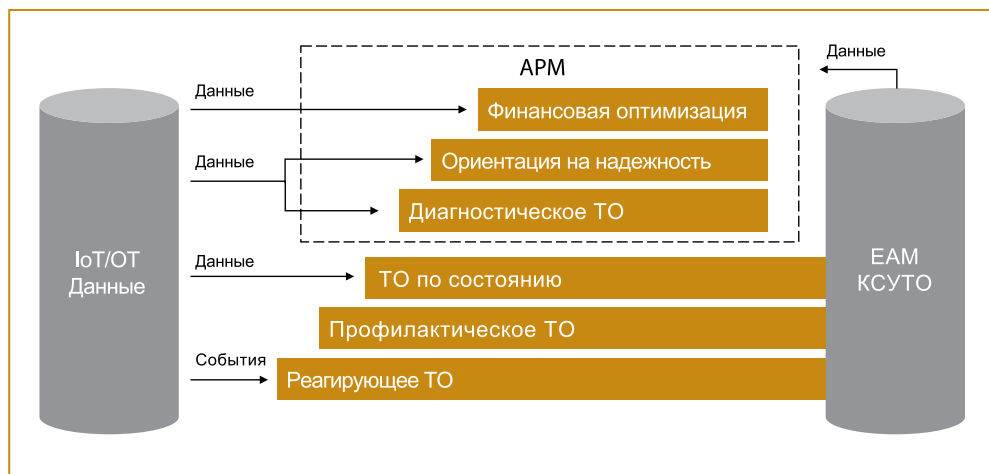


Рис. 1. Уровни технического обслуживания активов



Рис. 2. Замкнутый цикл управления ТОиР в решении Honeywell Forge APM

но и повышение эффективности производственных активов, обеспечивают структурированную методологию создания, эксплуатации, обслуживания и вывода из эксплуатации активов экономически эффективным способом. Отметим, что APM не является новой технологией и в то же время, согласно исследованию, проведенному Gartner [2], большинство промышленных предприятий практикуют только базовые уровни возможностей технического обслуживания (рис. 1), такие как профилактическое обслуживание и обслуживание по состоянию (CBM - Condition Based Maintenance & Monitoring), которое в последнее время может являться частью решений EAM/КСУТО (компьютеризированная система управления техническим обслуживанием).

Для успешной работы решения APM необходим эффективный поток данных по всем видам деятельности, влияющим на производительность активов. В течение многих лет компании функционировали и продолжают функционировать так, что отделы часто работают независимо друг от друга, изолированно. Это создает неполноценный поток данных и низкое качество информации. На промышленной площадке одни и те же данные обычно поступают из нескольких систем, и их обширный потенциал использован не до конца. Информация, которая в данном случае определяется как обработанные данные, приводящие к полезным знаниям, проходит только через определенные отделы, что снижает ее потенциальную ценность. Постоянное развитие технологий представляет собой непрерывно меняющийся сценарий для управления и обработки данных. Это развитие может быть использовано на предприятиях для решения существующих проблем в области анализа и гармонизации данных. Появившиеся в последние 10 лет [3] технологии играют центральную роль для модернизации промышленности:

- Industrial Internet of Things (IIoT): подключение вычислительных устройств, встроенных в промышленное оборудование, что позволяет им отправлять сообщения и передавать данные;

- облачные решения: хранение огромного объема данных и более быстрое внедрение аналитических моделей, что позволяет ускорить процесс принятия решений, одновременно снижая затраты на аппаратные средства;

- машинное обучение: методы, позволяющие компьютерам учиться на основе данных, выделять паттерны функционирования оборудования, распознавать сла-

бые сигналы и скрытые поломки, помогая в процессе принятия решений.

Эти технологии позволяют внедрять в управление эффективностью активов решения, которые ранее были невозможны. Именно сочетание этих технологий с экспертными знаниями и глубоким пониманием производительности активов приводит к совершенствованию промышленности.

В условиях, когда управленческие расходы находятся под постоянным контролем, промышленность должна использовать преимущества новейших технологий для повышения эффективности работы и снижения затрат.

Мониторинг и управление производственными активами с помощью решения Honeywell Forge APM

По результатам опроса конечных пользователей, проведенного ARC Advisory Group (www.arcweb.com), оперативное управление активами оказывает такое же большое влияние на производительность завода и активов, как и организация технического обслуживания. Несмотря на то, что исторически инструменты APM были ориентированы только на техническое обслуживание оборудования, аналитики ARC считают, что для успешного APM требуются инструменты, обеспечивающие тесное взаимодействие между функциями технического обслуживания, надежности, проектирования технологических процессов и операций (<https://www.arcweb.com/blog/honeywell-forge-apm-takes-new-approach>).

Решение Honeywell Forge Asset Performance Management (APM) является таким инструментом (рис. 2) и представляет собой развитие и расширение функциональности Honeywell Uniformance Asset Sentinel [4] для мониторинга и предиктивной аналитики состояния производственных активов (технологического оборудования). Оно оснащено также



Рис. 3. Модули Honeywell Forge APM

модулем бизнес-аналитики (BI - Business Intelligence) для визуализации результатов и их предоставления в виде рекомендаций, таблиц и графиков.

Решение Honeywell Forge APM работает как агрегатор данных и средство аналитики для предоставления рекомендаций для принятия решений. Эти данные представляют собой не только информацию о производственном оборудовании, но данные из окружающих производственных и корпоративных систем, таких как база данных реального времени (БДРВ), КСУТО, и данных полевых операций. Данный подход предоставляет пользователям возможность оценивать состояние активов и производительность процессов в режиме реального времени, получать уведомления, когда активы или процессы начинают отклоняться от нормального состояния или обнаружены аномалии, а также получать достаточную информацию для определения источника таких отклонений и рекомендации по набору действий, способных вернуть оборудование к оптимальной производительности.

Решение Honeywell Forge APM состоит из четырех модулей (рис. 3), которые могут быть внедрены как вместе, обеспечивая комплексный подход к APM, так и по отдельности, обеспечивая гибкий подход к стратегии внедрения решений APM.

• **Модуль Health** — мониторинг состояния оборудования в реальном времени, диагностирование симптомов и отказов оборудования, расчет и визуализация ключевых показателей эффективности (КПЭ) надежности оборудования. Модуль обеспечивает мониторинг работоспособности активов в режиме реального времени, а визуализация представлена с помощью информационной панели «здоровья», которая для всего предприятия показывает оборудование, которое вызывает наибольшие проблемы и заслуживает

особого внимания в данный момент на основе приоритета и критичности потенциального сбоя. Модуль предлагает интуитивно понятные рабочие процессы анализа первопричин для изучения проблем с оборудованием и предоставления наилучших рекомендаций для их решения.

• **Модуль Predict** — прогнозирование отказов и снижения производительности оборудования в реальном времени на основе моделей машинного обучения. Модуль обеспечивает мониторинг надежности оборудования в режиме реального времени, пользовательских КПЭ и общей эффективности оборудования (ОЕЕ). С помощью модуля можно предсказать потенциальные сбои, которые могут повлиять на работоспособность оборудования, выявить основные переменные, приводящие к отклонениям от нормального поведения технологического процесса, и принять меры до их возникновения. Современная реализация машинного обучения позволяет выявлять закономерности, исследовать и классифицировать их и обучать модель. При этом для использования модуля нет необходимости быть опытным специалистом по обработке данных.

• **Модуль Optimize** — мониторинг производительности оборудования в реальном времени и выявление потерь, связанных с неэффективной работой активов. Модуль позволяет выявлять оборудование, которое работает неэффективно из-за ошибок при проектировании или из-за неверно подобранного режима работы. Модуль позволяет выявить основные причины снижения производительности, чтобы исправить ситуацию и вернуть активы к целям по производительности. Модуль дает рекомендации о том, как исправить выявленные отклонения и привести работу оборудования в соответствие с отраслевыми стандартами и регламентами предприятия.



Рис. 4. Подсистемы и функциональные возможности модуля Excellence

• **Модуль Excellence** — оптимизация стратегий обслуживания активов, с учетом рисков, показателей надежности и затрат на ТОиР. Модуль основывается на информации из трех предыдущих модулей для определения потерь на уровне предприятия, а также количественной оценки стоимости таких упущенных возможностей. Эта финансовая оценка операций помогает расставить приоритеты и скорректировать стратегии технического обслуживания, а также измерить эффект от рекомендуемых действий, чтобы помочь в принятии обоснованных решений.

Остановимся подробно на последнем из перечисленных модулей.

Модуль Honeywell Forge APM Excellence для оптимизации глобального процесса ТОиР оборудования

Повышение надежности таких производственных активов, как промышленные установки, оборудование и инфраструктура, имеет важное значение для работы предприятия и непосредственно позволяет сократить незапланированные ремонтные работы и простои, повысить доступность и безопасность активов, минимизировать затраты на обслуживание и снизить риски отказа критически важных активов.

Модуль Honeywell Forge APM Excellence — это система управления эффективностью активов, позволяющая осуществить следующие фундаментальные шаги для оптимального управления стратегиями обслуживания оборудования:

- импорт, агрегирование и анализ данных об активах и ремонтах;
- создание стратегии управления активами на основе факторов риска, критичности и прогнозируемых результатов;

- финансовая оценка выбранных стратегий ТОиР активов;
- автоматизированное внедрение новых стратегий.

Модуль Honeywell Forge APM Excellence состоит из следующих подсистем (рис. 4):

- **Swift Data** обеспечивает интеграцию, очистку и структурирование данных, обеспечивая их качество и соответствие стандартам или спецификациям заказчика. Подсистема обеспечивает целостность данных при интеграции для успешного внедрения APM;

- **Inspection** осуществляет оценку рисков активов и разработку стратегий их снижения. Основанная на базе методики Risk-Based Inspection (RBI)¹, она объединяет различные методы анализа и инструменты для расчета этих рисков и оценки критичности активов. Кроме того, подсистема обеспечивает соответствие промышленных установок требованиям по надежности в соответствии с локальными и международными стандартами;

- **Maintenance** предназначена для максимизации надежности активов с помощью подхода "Reliability Centered Maintenance (RCM)" (https://www.sae.org/standards/content/ja1011_199908/) и включает мощную систему стратегий. Инструмент включает различные подходы, такие как анализ режимов и последствий отказов (FMEA) (<https://docs.cntd.ru/document/1200001363>), анализ корневых причин (RCA)² и анализ рисков. Основной целью данной подсистемы является внедрение проактивного подхода к техническому обслуживанию, сочетающего различные стратегии ТОиР, которые гармонизируют риски, надежность и производительность экономически эффективным образом;

¹ https://www.sae.org/standards/content/ja1011_199908/

² <https://www.performance-lab.ru/blog/root-cause-analysis-kak-minimizirovat-zatraty-na-optimizatsiyu-protssessa-testirovaniya>

• *Maintenance Cost Simulation* дает возможность оценить влияние каждой стратегии управления активами (существующей или планируемой к применению) с точки зрения требуемых ресурсов и затрат, согласовывая внедряемые решения с целями бизнеса. Эта подсистема дает компаниям возможность принимать объективные, основанные на данных, решения по оптимизации ресурсов и затрат без ущерба для безопасности и надежности промышленных объектов.

Модуль Honeywell Forge APM Excellence также содержит реестр всех промышленных активов заказчика, находящихся в эксплуатации или планируемых к эксплуатации, с достаточно высоким уровнем детализации, чтобы идентифицировать их как отдельные компоненты, которые могут быть обслужены, заменены или установлены, с указанием их функций и технических характеристик в соответствии с нормативными стандартами. Структурирование и иерархия активов изначально производится на основе стандарта ISO 14244, также имеется возможность адаптации к внутренним стандартам и нормам, применяемым на предприятии.

Модуль Honeywell Forge APM Excellence включает возможности интеграции и визуализации данных, различные бизнес-инструменты и передовую аналитику, объединенные вместе с целью повышения доступности, надежности и операционной эффективности промышленных активов. Модуль является высоко конфигурируемым и легко интегрируется во внутреннюю ИТ-экосистему предприятия.

Общие функциональные возможности

Модуль Honeywell Forge APM Excellence предоставляет пользователю возможность создавать

и управлять рабочими процессами, связанными с активами и элементами оборудования. Эти рабочие процессы представляют собой набор действий, которые могут выполняться пользователями в соответствии с их ролями, и необходимы для: планов технического обслуживания, планов проверок, оценки критичности и рисков, отчетов и т.д.

Кроме того, модуль обладает системой уведомлений, конфигурируемой на стадии внедрения, и позволяет уделить внимание элементам, требующим внимания. Например, уведомления появляются всякий раз, когда наступают сроки, связанные с проведением технического обслуживания или инспекции.

Решение также предоставляет пользователям возможность автоматически создавать отчеты по всей своей деятельности, выделяя планы работ, основанные на внутренних потребностях и стандартах, применяемых к каждому активу. Естественно, эти планы могут быть связаны с деятельностью, имеющей отношение к техническому обслуживанию или инспекции, а отчеты могут быть просмотрены внутри программного решения или экспортированы пользователем (рис. 5).

Решение включает функцию управления метаданными, которая позволяет пользователям простым и интуитивно понятным способом создавать схемы, модели и взаимосвязи для справочных данных или библиотек. На основе управления метаданными пользователи могут полностью настроить структуру и формат для библиотек и справочных данных.

Реестр всех промышленных активов заказчика является фундаментом программного решения, поскольку он включает базу данных всех физических и функциональных активов предприятия, представляя

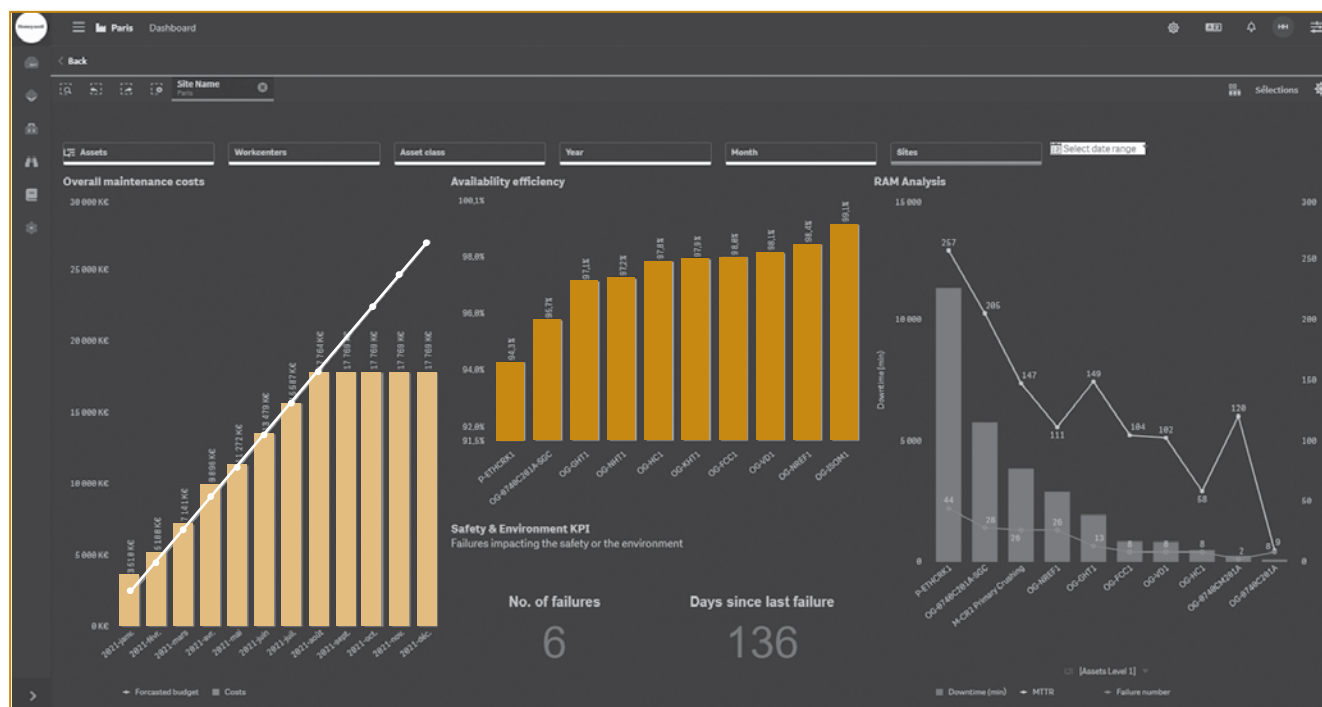


Рис. 5. Информационная панель модуля Honeywell Forge APM Excellence

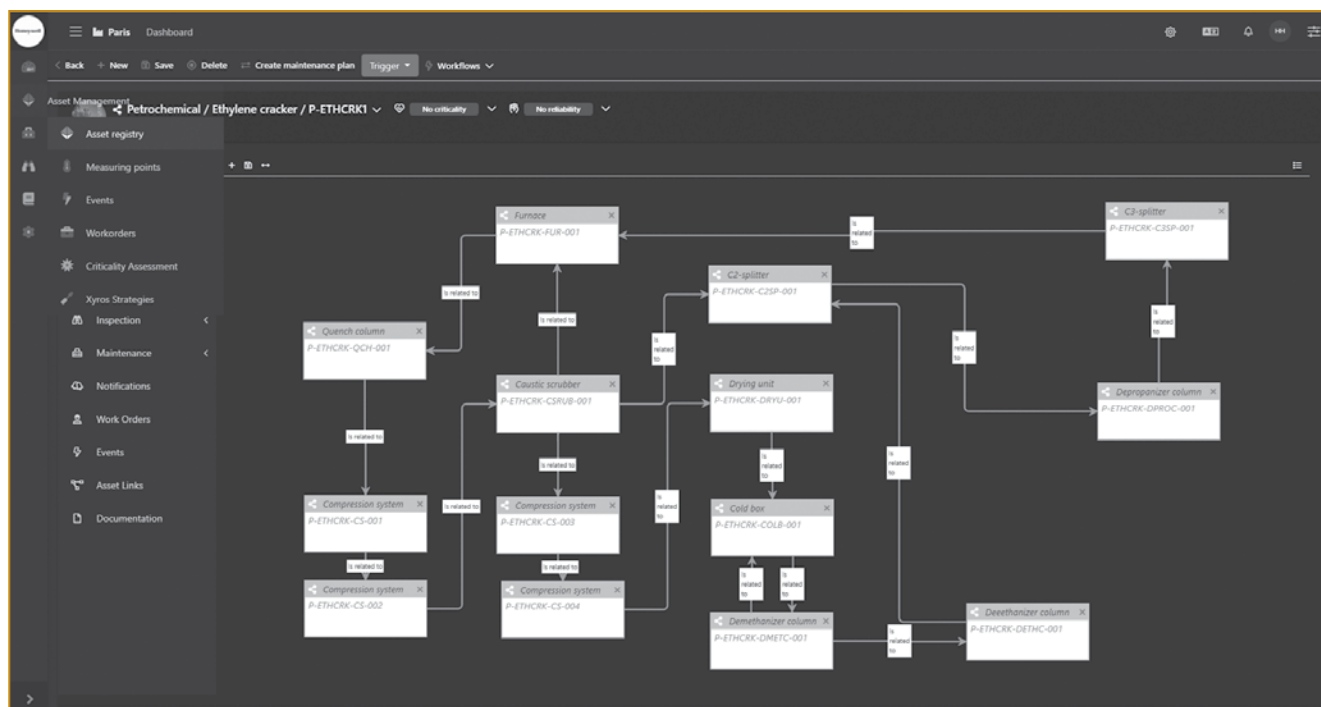


Рис. 6. Реестр оборудования: иерархия, технические характеристики

их на достаточно подробном уровне детализации. Таким образом, решение позволяет идентифицировать каждый актив как отдельный компонент (являющийся частью оборудования), который можно обслуживать, заменять или устанавливать.

Решение позволяет упорядочивать активы либо в соответствии с нормативными стандартами, либо в соответствии с внутренней структурой компании. Эта предварительная обработка в стандартные или настраиваемые пользователем модели создает уникальный реестр активов, который позволяет отслеживать многочисленные и разные классы активов компании в соответствии с их расположением на конкретной площадке. Кроме того, активы классифицируются в соответствии с иерархической структурой (на уровне группы, участка, сегмента, системы и подразделения), к которой можно легко получить доступ в библиотеке активов или в бизнес-аналитике (рис. 6).

Решение предоставляет функцию "Обслуживание и инспекция", которая в индивидуальной форме каждого актива позволяет отображать и изменять характеристики, относящиеся к классу (классам) данного актива. Эти характеристики могут быть использованы как критерии отбора для применения стратегии обслуживания оборудования, точек контроля и измерений и функциональных возможностей отчетности. Более подробно эти характеристики определяются форматом данных (текстовый, список вариантов, число, дата) и ограничениями (максимальный размер символов, минимум, максимум, количество десятичных знаков, обязательный/опциональный).

Модуль Honeywell Forge APM Excellence также оснащен интуитивно понятной и удобной для пользователя бизнес-аналитикой (BI), которая позволяет

визуализировать данные и служит, в частности, для наблюдений за КПЭ, которые могут быть настроены для каждого отдела, уровня иерархии, пользователя и т.д.

Подсистема Swift Data

В некоторых организациях отсутствует глобальная система управления данными о производственных активах, имеются некоторые пробелы и несоответствия в данных или нет стандартной системы учета ЕАМ. Так как некачественные данные на входе приводят к неправильным или неполноценным выводам и ошибочным результатам на выходе, лучшим решением будет начать внедрение АРМ с очистки и структурирования данных, поскольку успех внедрения системы в основном зависит от качества данных.

Именно по этой причине модуль Honeywell Forge APM Excellence оснащен мощной технологией управления данными Swift Data. Решение позволяет осуществлять сбор, агрегацию и обмен данными с другими программными решениями и хранилищами оперативных данных, участвующих в глобальном процессе управления производственными активами. Подсистема Swift Data разработана для интеграции, очистки и структурирования данных из различных источников, таких как таблицы Excel, ЕАР, ЕАМ, ERP, БДРВ, КСУТО и т.д., с целью наполнения решения Honeywell Forge APM полным набором информации о каждом активе - его истории (например, операции технического обслуживания, точки контроля, измерений и т.д.), его иерархии, технических и операционных характеристиках и т.д. Конечная и главная цель этого сбора данных заключается в создании полной базы данных, связанной с активами.

PROBABILITY FACTOR ROOF PLATES

Actions taken to limit corrosion on fixed roof plates

FAC1	1	3	Internal coating is applied of tank roof plates
CH1	0		Internal coating applied and quality is sound
CH2	1		Internal coating applied but quality is poor
CH3	2		Internal coating do not exist

External coating is applied of tank roof plates

FAC2	2	3	External coating is applied of tank roof plates
CH1	0		External coating applied and quality is sound
CH2	1		External coating applied but quality is poor
CH3	2		External coating do not exist

Factors that influence the failure mechanism of roof plates

FAC3	3	2	Storage conditions
CH1	2		Temperature > 85° C
CH2	1		Temperature between 40 and 85° C
CH3	0		Temperature < 40° C

Vapour corrosivity

FAC4	4	4	Vapour corrosivity
CH1	2		Group 1, risk High
CH2	1		Group 3, risk Medium
CH3	0		Group 4, risk Low
CH4	0		Group 5, risk Low
CH5	1		Group 6, risk Medium

The tank is operated with an inert blanket system above product

FAC5	5	1	The tank is operated with an inert blanket system above product
CH1	0		Yes

Рис. 7. Анализ критичности: применение методики EEMUA

Подсистема Swift Data приводит исходные данные в соответствие со стандартом, необходимым в целевой системе с точки зрения структуры, выделяя при этом обнаруженные аномалии и позволяя пользователю либо самостоятельно решать, какие исправления необходимо внести, либо позволить системе исправить их автоматически.

Подсистема Inspection

Подсистема Inspection основана на методике Risk Based Inspection (RBI). Этот подход фокусируется на оборудовании и механизмах деградации, которые представляют наибольший риск для работы промышленного оборудования. Оценивая риски и источники их снижения, подход RBI реализует взаимосвязь между типами деградации, вызывающими отказы оборудования, и планированием инспекций, снижающих риск.

Подсистема предоставляет полноценный набор инструментов для отдела инспекции, помогающий пользователям улучшить программы инспекции, обеспечить соответствие нормативным требованиям, снизить риски и реализовать стратегию инспекции для обеспечения надежности производственных объектов. Решение включает в себя механизм регулирования, который адаптируется к требованиям страны/законодательства (ГОСТ для России, DESP для Европы, NR13 для Бразилии APG-APV для Алжира, ASME для США и т.д.) и указывает, под какой стандарт подпадает оборудование.

Подсистема обладает встроенным механизмом оценки критичности, позволяющим интегрировать стандарт API581, EEMUA, DT84 или любой другой тип исследования. Результаты анализа представлены в

матрице рисков в соответствии со степенью их вероятности и воздействия.

Высокая способность конфигурации данного механизма критичности позволяет настраивать исследования, включая этапы, вопросы, значения, матрицы, расчетные формулы, для получения даты критичности или окончания срока службы, чтобы предложить инспекторам оптимальную частоту контроля или инспекций (рис. 7).

Эта функция позволяет инспекторам усовершенствовать свои исследования критичности, учитывая результаты неразрушающего контроля, скорость деградации, типологию наиболее повторяющихся дефектов и используя накопленный опыт, чтобы интегрировать лучшие практики в стратегию инспекции.

Кроме того, функциональность коррозионных петель позволяет группировать оборудование по изодеградационным петлям. Эти контуры позволяют инспекторам анализировать основные режимы деградации, применимые к этим контурам. Эти анализы представляются на уровне исследований критичности оборудования. Таким образом, Honeywell Forge APM Excellence может использоваться для разработки исследований критичности для каждой единицы оборудования в соответствии с руководствами или применяемыми стандартами.

Функция подсистемы "Точки контроля/измерения" обеспечивает организованный подход к сбору качественных и количественных данных, оценке, документированию и планированию визуальных и инструментальных обследований и позволяет отслеживать как измерения толщины, так и интегрировать исследования трубопровода, проведенные с помощью роботов.



Рис. 8. RAM анализ: надежность, доступность и ремонтпригодность оборудования

Каждый элемент, регистрируемый инспекционным роботом, может быть настроен опытным пользователем, что позволяет адаптироваться к данным, передаваемым подрядчиками инспекционных услуг, и интегрировать дополнительную информацию, необходимую инспекционному отделу. В сочетании с модулем Геолокации активы могут быть визуализированы на карте, также как и любая информация об обнаруженных признаках (сварные швы, дефекты, проверки и т.д.).

Подсистема Inspection также позволяет контролировать рабочее состояние промышленного оборудования, определенное пользователями, предлагая инспекторам возможность отслеживать заданные индикаторы, используемые для определения последующих действий, которые должны быть предприняты, а также отслеживать любые несоответствия заданным требованиям.

Исторические данные со всех контрольных точек любого оборудования, а также статистический анализ помогает рассчитывать срок службы оборудования. История измерений и полученные данные могут быть визуализированы на информационных панелях, что позволяет отслеживать темпы деградации и аномалии в работе оборудования.

Решение предлагает автоматическое создание планов единичных или массовых инспекций на основе данных, введенных в программное обеспечение, для емкостей (сосудов), резервуаров, цистерн, трубопроводов или любого другого класса оборудования.

Функции планирования позволяют определять сроки и частоту проведения инспекций или контроля для каждого актива: периодическая инспекция, переквалификация, промежуточный контроль/неразрушающий

контроль и т.д. Эти сроки также могут исходить из плана инспекций.

Решение позволяет отслеживать историю сроков для обеспечения прослеживаемости инспекции. Модуль позволяет осуществлять конфигурацию формата отчета по типологии инспекции, чтобы гарантировать общую методологию инспекции и стандартизацию отчетности для одной производственной площадки или группы компаний.

Выводы отчетов подсистемы (рекомендации, замечания и т.д.) отслеживаются в решении для контроля их последующего выполнения. Эти заключения передаются в подсистему Maintenance или могут быть сопряжены с КСУТО.

Подсистема Inspection позволяет отслеживать дефекты, неисправности, инциденты, отмеченные во время инспекции или промежуточного контроля, от момента обнаружения до их устранения. Анализ этих данных с помощью информационных панелей с КПЭ дает глобальное видение наиболее часто встречающихся типов деградации на промышленном объекте (объектах), оборудования, подверженного риску, а также общего состояния парка оборудования с точки зрения инспекции.

Решение имеет функцию автоматического применения стратегий инспекции и их оптимизации на основе либо идентифицированных факторов риска, либо нормативных стандартов, которые должны применяться к различным видам оборудования, либо режимов деградации, определенных в коррозионных контурах или на оборудовании.

Подсистема Maintenance

Для большинства отраслей промышленности процесс оптимизации технического обслуживания

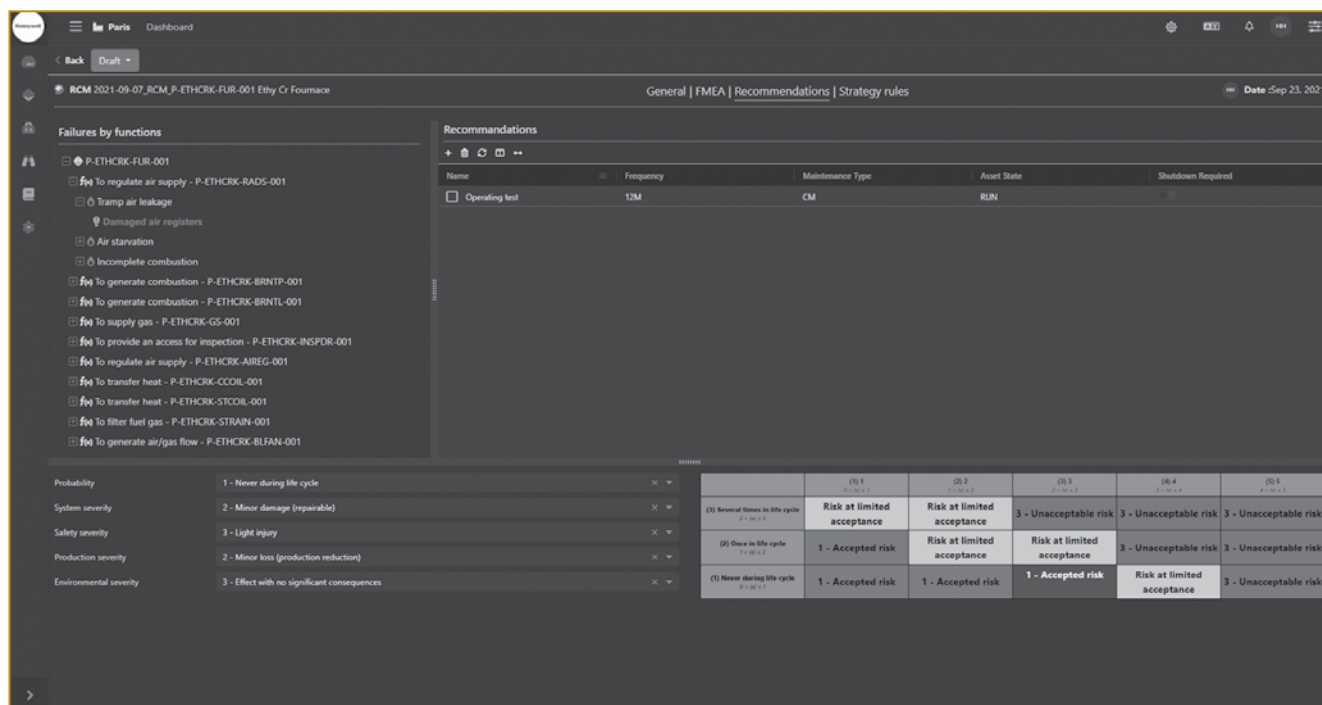


Рис. 9. Методика RCM: разработка стратегии для повышения надежности оборудования

можно рассматривать как один из основных шагов в достижении операционного совершенства и оптимизации операционных затрат. Подсистема Maintenance включает в себя мощный механизм стратегии, способный определять адекватные и необходимые мероприятия по техническому обслуживанию, которые гарантируют достижение целей производительности активов компании. Решение является надежной опорой в стремлении к операционному совершенству, интегрируясь в ИТ-экосистему и взаимодействуя со сторонними решениями, принимающими участие в глобальном процессе ТОиР оборудования (рис. 8).

Для управления активами существует множество эффективных подходов к техническому обслуживанию, начиная с корректирующих и профилактических стратегий и заканчивая предиктивным обслуживанием. Тем не менее, не существует "хорошего" или "плохого" подхода к управлению техническим обслуживанием активов, поскольку ключевым моментом является разумное сочетание различных методов с учетом технических характеристик каждого актива, условий эксплуатации, режимов деградации, сопутствующих рисков, последствий отказов и т.д.

Во всех промышленных секторах бюджет на обслуживание и ремонт оборудования значительны и поэтому представляют собой потенциал для оптимизации. На практике организации, интенсивно использующие активы, стремятся оптимизировать расходы на ТОиР сохраняя при этом производственные мощности. Предлагаемое решение предоставляет промышленным предприятиям широкий спектр возможностей и инструментов технического обслужива-

ния, отвечающих потребностям различных классов активов. Подсистема технического обслуживания Maintenance нацелена на оптимизацию правил технического обслуживания, адаптированных к каждому классу оборудования, учитывая его технические характеристики, критичность, условия эксплуатации, режимы отказов и т.д.

Техническое обслуживание, ориентированное на надежность RCM, является неотъемлемым и мощным инструментом решения Honeywell Forge APM Excellence, позволяющим эффективно, безопасно и экономично выполнять задачи по техническому обслуживанию и осмотру оборудования в любой отрасли (рис. 9).

Критически важные активы анализируются с точки зрения их функций, режимов отказов, основных причин и последствий отказов. Ключевым элементом этого анализа является оценка безопасности, надежности и доступности актива. После этого механизм стратегии технического обслуживания подсистемы Maintenance выбирает соответствующие правила ТОиР (CBM, RBM³, профилактическое, предиктивное и т.д.) для данного актива. Рекомендации по техническому обслуживанию могут быть пересмотрены и обновлены с течением времени, поскольку появляются новые данные.

Решение позволяет установить стратегию(и) технического обслуживания для различных типов оборудования или различных технических классов, определяя задачи и операции, которые должны выполняться в соответствии с различными уровнями и типами технического обслуживания, а также частоту, с которой они должны выполняться. После применения

³ RBM – Risk-Based Maintenance – Обслуживание на основе риска

стратегий к оборудованию система автоматически создает планы технического обслуживания для каждой единицы оборудования или массово.

Если вносятся изменения в существующие стратегии технического обслуживания или разрабатываются новые стратегии, и пользователь хочет применить эту новую информацию, система покажет влияние этих изменений с точки зрения задач, которые необходимо выполнить, а также изменения в частоте, стоимости, влиянии на риски и т.д. Данная функция позволяет принять во внимания все факторы, прежде чем применить или не применить новую стратегию.

Вся история различных стратегий и действий, предпринятых в связи с ними, архивируется, что позволяет проводить постоянный анализ результатов для их регулярного уточнения и оптимизации. Для выполнения операций по оптимизации подсистема Maintenance будет опираться на механизм стратегии – основу подсистем Maintenance и Inspection, которая позволяет определить концепцию и основные правила глобальной стратегии, предлагая возможность выявить и интегрировать "лучшие практики", чтобы обеспечить эффективность реализуемой стратегии. Правила стратегии также могут быть основаны на анализе FMEA с целью повышения надежности промышленных установок.

Кроме того, механизм позволяет определять операции и задачи для включения в план технического обслуживания или инспекции. Инициализация может применяться на основе минимально необходимого технического обслуживания отдельно для каждого актива или массово.

Подсистема Maintenance также обеспечивает анализ причин неполадок, направленный на определение причин возникновения конкретного отказа или проблемы, а также анализ режимов и последствий отказов (FMEA), определяющий, где и как актив может выйти из строя, и оценивающий относительное влияние различных отказов.

Связь с системами ERP и КСУТО поддерживает администрирование и выполнение задач и интеграцию в «движок стратегий» Honeywell Forge APM Excellence, что впоследствии позволит сократить число отказов, простоев и рисков и, следовательно, снизить общую стоимость операций.

Подсистема Maintenance Cost Simulation

Многие организации все чаще испытывают давление, требующее делать больше меньшими средствами, что заставляет их пересматривать использование активов и срок их службы. В зависимости от целей или показателей эффективности, установленных в различных отраслях, компаниям приходится определять различные варианты стратегий ТОиР, которые могут иметь большие различия с точки зрения требуемых ресурсов и затрат. Однако наиболее эффективная стратегия технического обслуживания не всегда является синонимом наиболее эффективного использования ресурсов.

Не надо бояться больших расходов, надо бояться маленьких доходов.

Джон Рокфеллер

Именно в ответ на эту проблему была разработана подсистема моделирования затрат на техническое обслуживание Maintenance Cost Simulation. Подсистема является полноценным инструментом поддержки принятия решений, позволяющим руководителям промышленных объектов принимать объективные и основанные на данных решения с учетом оптимизации затрат и минимизации операционного риска. Другая цель этого решения – эффективное управления рисками и затратами. Таким образом, Honeywell Forge APM Excellence использует стратегические цели каждой организации, а подсистема Maintenance Cost Simulation позволяет оптимизировать стратегии жизненного цикла для критически важных активов, учитывая при этом ограничения бизнеса.

Каждое правило стратегии расшифровывается в плане технического обслуживания и ассоциируется с операцией/задачей, центром затрат, частотой вмешательства и даже запасными частями, которые необходимо предоставить. Таким образом, решение обеспечивает детальный анализ влияния выбранной стратегии с точки зрения требуемых ресурсов для каждой дисциплины, центра затрат и числа вмешательств. Этот анализ позволяет принять решение о внедрении или не внедрении стратегии, отображая оценку бюджета, необходимого для ее выполнения.

Одной из функциональных возможностей подсистемы Maintenance Cost Simulation является возможность моделирования результатов FMEA-анализа, что дает возможность сбалансировать соотношение между надежностью оборудования и возможностями снижения затрат.

Практическая реализация оптимизации стратегии обслуживания

Являясь флагманом национальной промышленности, крупнейшая нефтегазодобывающая компания Франции поставила перед собой цель усовершенствовать философию технического обслуживания и установить мировой стандарт технического обслуживания и практики проведения инспекций. Модуль Honeywell Forge APM Excellence был выбран в качестве "инструментального" подхода, включающего методологии RCM и RBI в сочетании с количественным подходом к оптимизации затрат/рисков. Основная цель внедрения решения RCM заключалась в добавлении анализа надежности к выбору стратегии технического обслуживания, а также в обеспечении гарантированного уровня технического обслуживания, необходимого для каждого производственного актива, и в сокращении ненужных операций. Путем выявления проблемных элементов и узких мест в производстве можно повысить производительность, а также применить конкретную

стратегию обслуживания к наиболее важным активам. Проект включал шесть основных этапов:

1. создание библиотеки справочных данных активов;
2. загрузка данных об активах;
3. квалификация активов (иерархическая структура, технические характеристики, производственные функции, оценка критичности, выявление причин и характера отказов, и т.д.);
4. разработка и внедрение моделей стратегии технического обслуживания, охватывающих все классы активов;
5. автоматическое построение планов технического обслуживания;
6. гармонизация обмена данными с КСУТО и сторонними решениями, интегрированными в процесс ТОиР.

Комплексная система анализа критичности была нацелена на такие области, как снижение рисков, производительность, стоимость, окружающая среда и безопасность (процессы, системы, оборудование), где исследования эксплуатационной надежности применяются на высоком уровне детализации. Глобальное управление активами осуществляется с помощью производных, основанных на правилах, таких как RCM/RBI, SECE⁴, в сочетании со стратегиями, основанными на моделях, охватывающих все классы производственных активов и историю их функционирования. Автоматизированное построение планов технического обслуживания позволило быстро внести изменения и замкнуть цикл с помощью решения КСУТО.

На рис. 10 приведена схема внедрения стратегии при помощи методики, нацеленной на надежность производственных активов. В течение первого года работы решение было внедрено на нефтяных и газовых месторождениях, расположенных в Северном море в Дании, на нефтяном месторождении, расположенном в Италии, а также на газоконденсатном месторождении, расположенном на юге Африки.

Основные экономические выгоды от внедрения решения для повышения эффективности производственных активов делятся на следующие категории:

- повышение объемов производства (сокращение простоев, предотвращение отказов);
- сокращение бюджета на техническое обслуживание (оптимизация профилактического обслуживания и сокращение сверхурочных);
- повышение производительности (за счет повышения эффективности работы персонала, занимающегося вопросами надежности).

Повышение объемов производства. Благодаря созданию культуры надежности в подходе к ТОиР производственных активов удалось выявить проблемные элементы и узкие места в производстве, спрогнозировать возможные отказы и разработать специальную стратегию для предотвращения поломок. В результате время простоев сократилось более чем на 5%, и объемы производства были увеличены на 2%. Эти результаты оптимизации и усовершенствования ТО основаны на:

- оптимизации обслуживания насосной станции;
- новой стратегии обслуживания насосов;

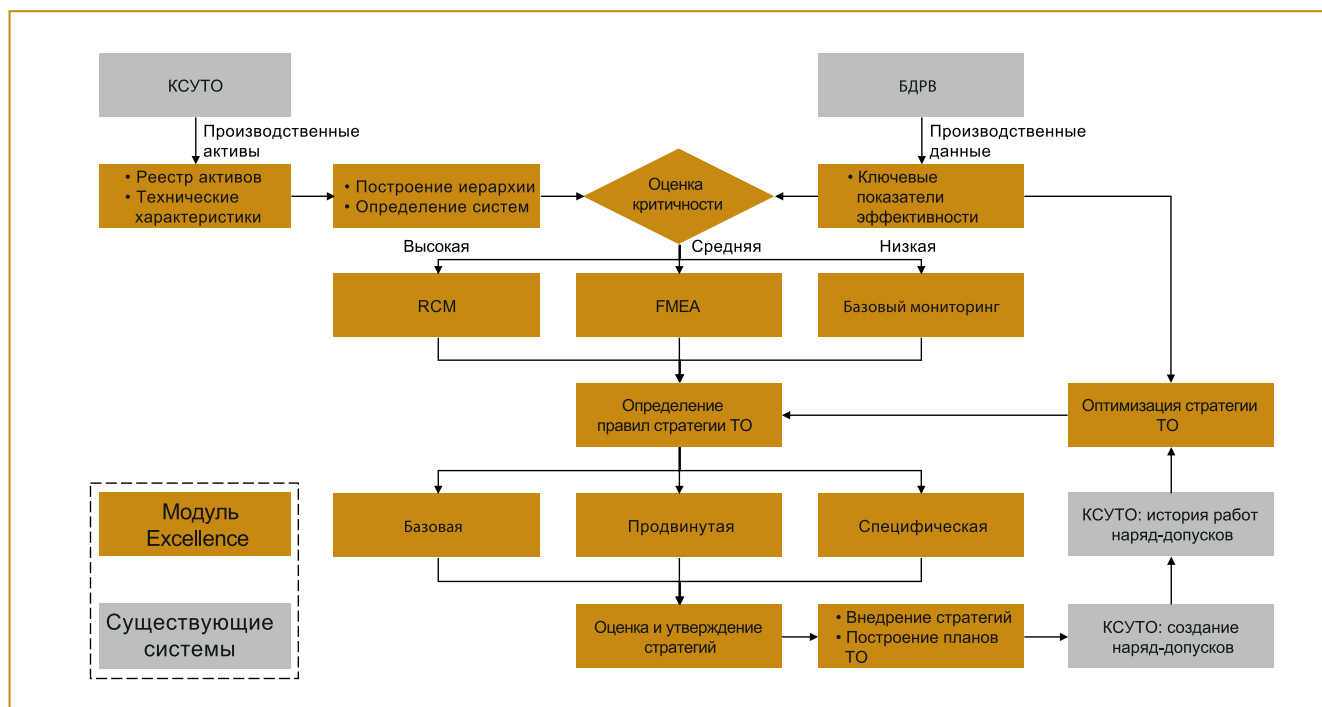


Рис. 10. Схема внедрения модуля Honeywell Forge APM Excellence

⁴ SECE - Safety and Environmentally Critical Elements (<https://www.hse.gov.uk/osdr/assets/docs/safety-environmentally-critical-elements-presentation-icp.pdf>)

- профилактических интервалах обслуживания динамического оборудования при впрыске воды;
- новой стратегии обслуживания системы сепарации;
- новой стратегии обслуживания для интеллектуальных регулирующих клапанов.

Сокращение бюджета на обслуживание. Благодаря пересмотру и более детальной оценке программ профилактического обслуживания удалось более чем на 30% сократить объем работ, исключить ненужные операции и уменьшить частоту некоторых операций. Улучшение стратегий ТОиР и их автоматическое назначение позволило существенно увеличить доступность и надежность производственных активов, сократить непредвиденные отказы и простои. Компания рассчитывает на сокращение общего бюджета ТОиР более чем на 20%.

Повышение производительности персонала. Технический персонал компании больше не тратит время на сбор данных из разных систем и расчет показателей эффективности. Благодаря автоматизации многих функций сотрудники компании могут тратить в три раза больше времени на анализ и разработку новых стратегий ТО. Автоматическое построение планов ТОиР позволило наладить процесс постоянного совершенствования и быстрого внедрения новых практик.

Заключение

Применение передовых цифровых технологий само по себе приносит пользу; например, применение RCM всегда приводит к существенному снижению затрат на техническое обслуживание благодаря быстрой идентификации систем, требующих более детального анализа, и устранению ряда ненужных задач на активах с низкой критичностью.

Производственные площадки и активы динамичны: с течением времени меняются скорость подачи и состав сырья, условия работы оборудования и требования к производству, что имеет последствия для надежности. Отказы начинают происходить в местах, которые изначально были непредвиденны. Скорость коррозии одного оборудования увеличивается,

а другого — уменьшаться. Основываясь на этих изменениях, целесообразно пересматривать с определенной регулярностью планы технического обслуживания — какое оборудование включено в план технического обслуживания или частота обхода.

Основным преимуществом комплексного подхода на основе интегрированного решения Honeywell Forge APM является возможность осуществлять online мониторинг состояния оборудования и непрерывно совершенствовать стратегии ТОиР, внедрять их на производстве без существенных затрат времени. Решение может отслеживать число отказов для заданного режима отказа и предупреждать пользователей, когда аномально большое число отказов для данного режима отказа произошло. Это дает инженерам возможность изменять тактику и частоту технического обслуживания в режиме реального времени, сохраняя тем самым первоначальные преимущества.

Изменения обусловлены прогрессом: повышением компетенции сотрудников и оптимизацией бизнес-процессов с помощью проактивной стратегии ТОиР, которые помогают компаниям соответствовать требованиям сложных условий и рыночной конкуренции, одновременно достигая результатов в решении внутренних бизнес-задач.

Список литературы

1. Belmont, D., Hade, K. and Sefah, K. (2020), Digital Asset Performance Management—Taking Utility Asset Management to the Next Level. *Climate and Energy*, 37: 9–14.
2. Foust Nicole, Steenstrup Kristian. Market Guide for Asset Performance Management Software. 2020. October. <https://www.gartner.com>
3. Ли Да Сюй (Li Da Xu), Ву Хе (Wu He), Сянчан Ли (Shancang Li). «Интернет вещей» в промышленности: обзор ключевых технологий и трендов // *Control Engineering Россия*. 2017. Апрель.
4. Владов Р.А., Дозорцев В.М., Шайдуллин Р.А., Белоусов О.Ю. Предиктивная аналитика состояния оборудования в химико-технологических процессах // *Автоматизация в промышленности*. 2019. №12.

Шайдуллин Ренат Анварович — руководитель отдела поддержки продаж высокотехнологичных решений,
Савинова Мария Евгеньевна — консультант по решению Honeywell Forge APM Excellence,
 АО «Хоневелл».
 Контактный телефон +7 (495) 796-98-00.

Оформить подписку на журнал "Автоматизация в промышленности" вы можете:

по электронному каталогу "Почта России" ФГУП Почта России - подписной индекс **П7753**

• сайт журнала <http://www.avtprom.ru> • Редакцию

Адрес редакции:

117997, Москва, ул. Профсоюзная, д. 65, офис 360 Тел.: (926)212-60-97. E-mail: info@avtprom.ru