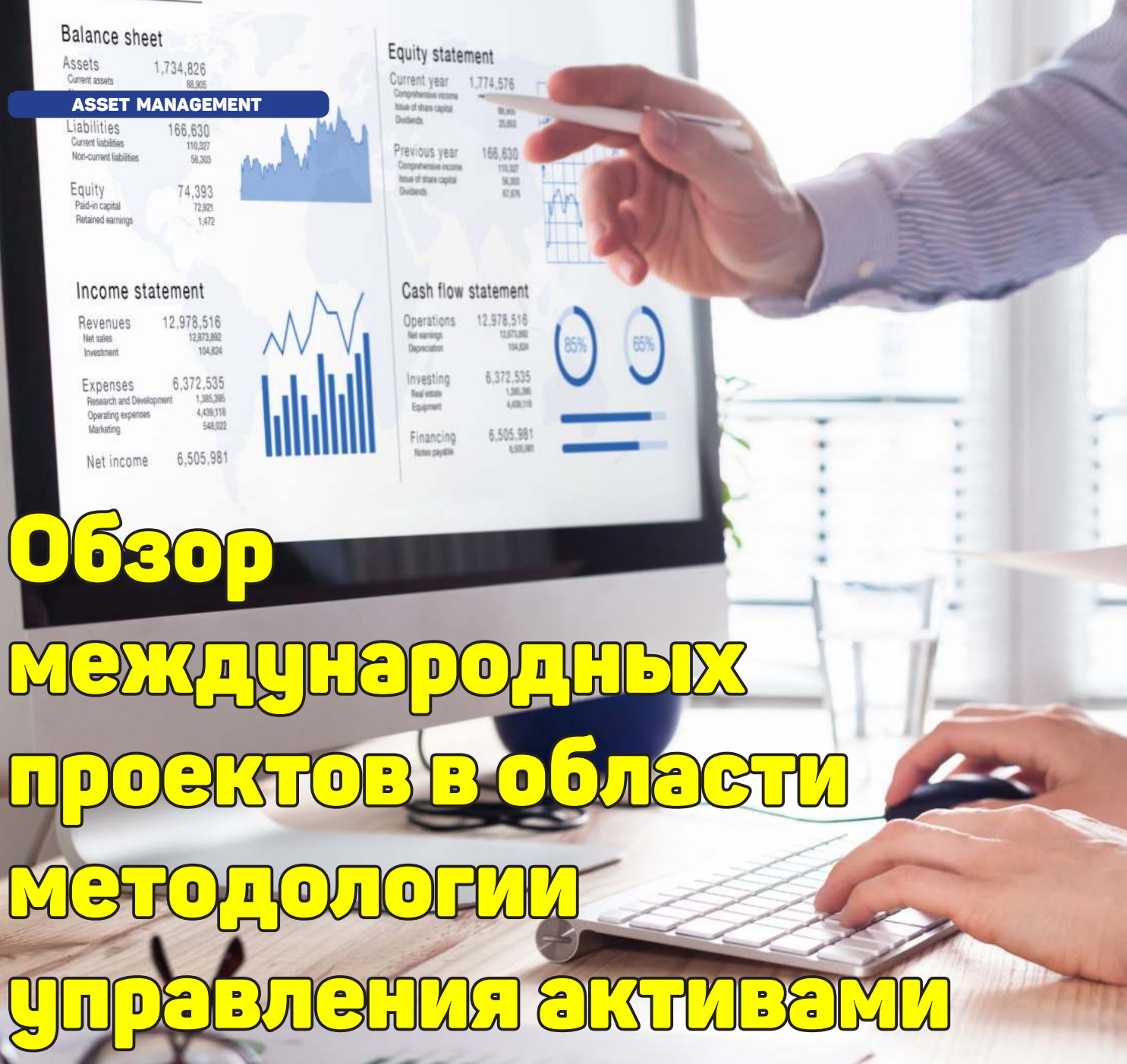




Обзор международных проектов в области методологии управления активами



Игорь Антоненко,

начальник отдела маркетинга
ООО «НПП «СпецТек», к. т. н.

antonenko@spectec.ru

Организация, внедряющая систему управления производственными активами, нуждается в методических документах, поддерживающих выполнение требований ГОСТ Р 55.0.02 и раскрывающих необходимые действия. На разработку таких документов нацелены многочисленные проекты, выполняемые различными сообществами на международном уровне. Не преследуя цель охватить все эти проекты, в статье мы описали некоторые из них для того, чтобы представить содержание и сложность решаемых задач.



Стандарты серии ГОСТ Р 55.0.00 устанавливают риск-ориентированный подход к управлению активами, а именно: для принятия решений, связанных с активами, организация должна оценить риски и найти баланс между затратами, рисками и производительностью.

В начале 2024 года (10 января) исполнилось ровно 10 лет со дня принятия Международной организацией по стандартизации первых трех стандартов серии ISO 55000 «Asset management». Преимущественная область их применения – управление физическими (производственными) активами, такими как технологическое оборудование, машины, материальные запасы, инженерные системы, здания, сооружения.

В России разработаны и введены в действие идентичные стандарты серии ГОСТ Р 55.0.00. Этой работой занимается ТК86 — Технический комитет по стандартизации «Управление активами» (секретариат ТК86 ведет НПП «СпецТек»).

За истекшие 10 лет эта серия стандартов была расширена и обновлена.

Кроме стандартов, определяющих терминологию и требования, в серию входят также документы, название которых начинается словом «Руководство...». Их назначение в том, что они содержат разъяснения требований и полезные примеры их реализации.

Эти стандарты (как и любые стандарты ISO на системы менеджмента) определяют «что» должна сделать организация, но не указывают «как». После первоначального их изучения остаются вопросы: с чего начать и какие действия предпринять?

В частности, стандарты устанавливают риск-ориентированный подход к управлению активами, а именно: для принятия решений, связанных с активами, организация должна оценить риски и найти баланс между затратами, рисками и производительностью. Это существенно отличается от подхода, который можно назвать «плановым». При плановом подходе, например, техническое обслуживание и ремонт (ТОиР) осуществляется на основании регламента, предоставленного производителем, с возможным добавлением внеплановых работ по устранению дефектов – без балансировки затрат и рисков, которая могла бы, например, привести к отмене или переносу плановых работ, изменению периодичности, корректировке регламента [1].

Таких решений, связанных с активами, множество на всем жизненном цикле:

- решения о капитальных инвестициях в производственные активы как первоначальные, так и последующие при обновлении/замене,
- решения, касающиеся операционных затрат, в том числе затрат на техническое обслуживание и ремонты (ТОиР),
- технические решения на жизненном цикле актива, включая периодичность диагностики, выбор вида организации (стратегии) ТОиР,
- решения, касающиеся крупных событий, таких как остановки и капитальные ремонты,
- решения, касающиеся расхода оборотных средств, например, на запчасти,
- и другие.

От качества этих решений зависит совокупная стоимость владения активом (ТСО). Львиная доля ТСО (до 75 %) приходится на стадию эксплуа-

тации и обслуживания актива [2], поэтому решения на этой стадии очень важны. Но не менее важны и решения на ранних стадиях жизненного цикла. Если управлять активами надлежащим образом на всем жизненном цикле, это даст к его окончанию экономию до 40 % TCO (см. рисунок 1).

Принятие решений требует методик, инструментов, руководств. С целью их разработки и развития специалисты и организации объединяют усилия и реализуют соответствующие проекты.

Возраст таких проектов зачастую больше, чем возраст стандартов серии ISO 55000, а иногда даже больше возраста предшественников ISO 55000 – спецификаций на оптимальное управление активами PAS 55, первая версия которых разработана в 2004 году (т. е. 20 лет назад). Это говорит о реальной потребности организаций, которые таким образом закрывали пробелы в методологии управления активами еще до выхода стандартов.

Рассмотрим некоторые такие проекты, реализованные за рубежом, обеспечивающие выполнение требований документов верхнего уровня, таких как стандарты серии ISO 55000 (а до них – PAS 55).

MACRO (MAintenance Cost/ Risk Optimization)

Проект MACRO [3] представлял собой 5-летнюю многоотраслевую научно-исследовательскую программу

(с 1995 по 2000 год), направленную на изучение и развитие передовой практики принятия риск-ориентированных решений при управлении активами. Проект был совместно профинансирован Европейским Союзом, правительством Великобритании и группой промышленных спонсоров.

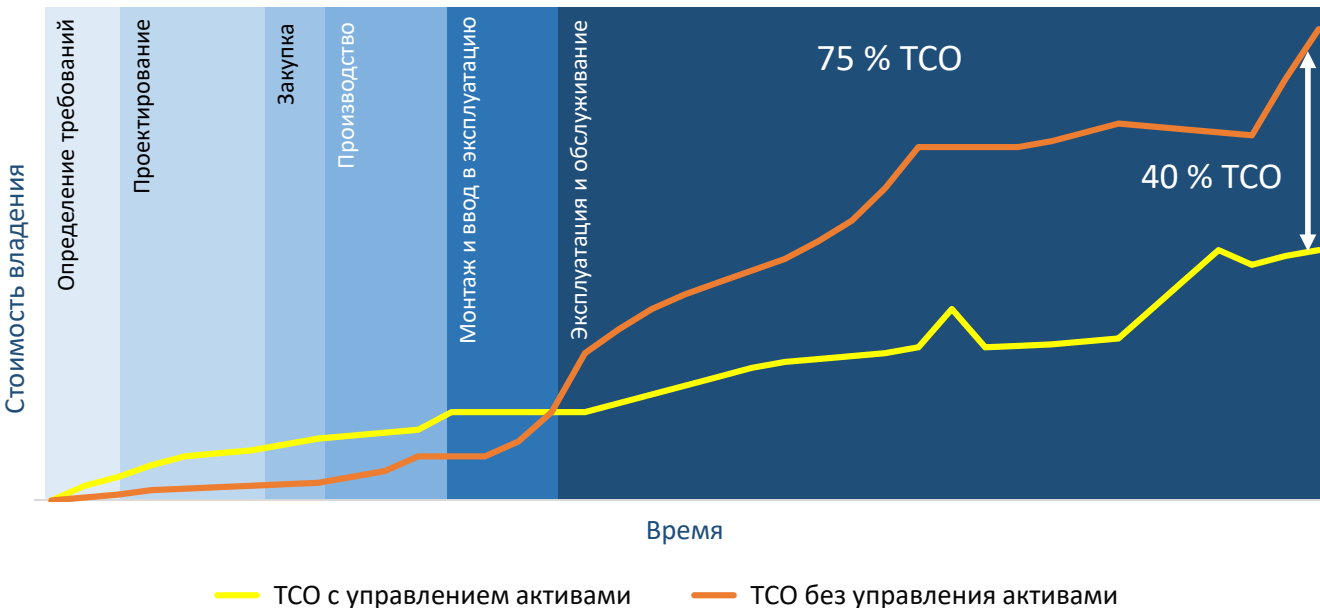
Цель MACRO: исследование, обобщение и разработка наилучшей практики принятия решений по управлению активами, особенно в тех случаях, когда достоверные данные отсутствуют или недостаточны. В рамках проекта были изучены 42 области принятия решений по управлению активами и разработаны соответствующие руководства, инструменты (программное обеспечение) и учебные курсы для поддержки принятия этих решений.

Эти 42 области сведены в 5 групп, оказывающих определяющее влияние:

1. Управление стоимостью жизненного цикла активов (LCC): оценка проекта, замена оборудования, продление срока службы, управление изменениями и модернизацией.
2. Оптимизация технического обслуживания: оценка стратегий профилактического технического обслуживания, оптимизация интервалов, соответствие нормам законодательства и безопасности, экологические ограничения.
3. Инспекции и мониторинг состояния: настройка интервалов инспекций, мониторинга и тестирования, оптимальных точек ре-



Рисунок 1. Величина TCO в зависимости от качества управления





Если управлять активами надлежащим образом на всем жизненном цикле, это даст к его окончанию экономии до 40 % совокупной стоимости владения активом — TCO (Total cost of ownership).

акции на состояние, затрат/преимуществ методов мониторинга.

4. Группировка работ и отключения: упаковка работ в оптимальные группы (которые могут быть выполнение параллельно для сокращения остановок), оптимизация интервалов отключений, оценка возможностей.
5. Материалы и ресурсы: оптимизация затрат/рисков, связанных с медленным движением запасных частей, расходных материалов, сравнение поставщиков, объединение запасов.

Один из важных результатов MACRO – постановка правильных вопросов для принятия решений и гарантирование, что эти вопросы будут заданы структурированным, согласованным способом. В числе этих вопросов:

- Когда наступает оптимальное время для замены данного оборудования?
- Каков оптимальный интервал проверки или технического обслуживания?
- Стоит ли держать стратегический запас, и если да, то сколько?
- Какой актив лучше приобрести – дорогостоящий с лучшей производительностью и более длительным потенциальным сроком службы или дешевле, но с более низкой производительностью?
- Какие отключения стоит произвести и когда?

SALVO (Strategic Assets: Lifecycle Value Optimization)

Продолжением MACRO стал проект SALVO [4], который адаптировал и расширил наработки MACRO для принятия решений, требующихся в условиях стареющих активов.

Потребность в обновлении активов очень высока и продолжает расти по всему миру по мере их старения. Однако практика принятия решений как будто игнорирует эту проблему, поскольку легче получить финансирование новых эксплуатационных потребностей или модернизации, чем обосновать своевременную замену приходящего в негодность актива.

«Следует ли мне заменить актив или отремонтировать его, чтобы продлить его срок службы, и если да, то на сколько?» – на такой вопрос трудно ответить, особенно на языке бизнеса. Ответы на подобные вопросы были найдены SALVO. Постановка проблемы в рамках этого проекта такова: как вы определяете и доказываете, какие инвестиции в активы, техническое обслуживание, запасные части, проекты замены или продления срока службы целесообразны, когда и почему?

И если проект MACRO нацелен на принятие решений на уровне отдельно взятых активов, то целью проекта SALVO стало улучшение связи принимаемых решений и деятельности «на переднем крае» управления активами с бизнес-приоритетами организации. При этом условия еще более усложнились: к дефициту данных добавился человеческий фактор, включающий субъективность мнений, предвзятость и разницу мотивации.

В течение четырех лет (с 2009 по 2012 год) участники проекта сотрудничали в области исследований и разработок, нацеленных на принятие решений по управлению активами. В нем приняли участие организации энергетики и водоснабжения, транспорта, переработки, нефтехимии, производства и сервисных услуг.

Результатами SALVO стали:

- руководства и шаблоны принятия решений,
- учебные программы,
- программные инструменты поддержки принятия решений.

Новизна в методике принятия решений состоит в надежном и безопасном управлении сложными рисками. Известные инженерные методы (FMEA, RCM, RBI) рассматривают каждый вид отказа, механизм деградации или риск как независимые, тогда как реальность и здравый смысл подсказывают, что они часто взаимодействуют.

SALVO определила 53 варианта вмешательства на жизненном цикле актива, которые стоит рассмотреть для прогнозирования, предотвращения, контроля, исправления или смягчения проблемы старения активов. Почти половина из них не связана с воздействием на активы – они включают страхование, мотивационные мероприятия, управление ожиданиями заинтересованных сторон, изменение планов действий случае реализации риска. Но они также включают решения по обоснованию капитальных вложений/определению приоритетов, оптимизации проверок, технического обслуживания, запасных частей, проектов продления срока службы.

Процесс принятия решения начинается с определения приоритетов в виде ответов на два ключевых вопроса: «насколько глубока пропасть, в которую мы упадём, если решение не будет принято?» и «насколько близко к этой пропасти мы стоим?».

Выбор решения всегда основан на правильной идентификации проблемы старения: безопасность, производительность, себестоимость продукции, её качество и т. д. Он также обязательно включает определение оптимальных сроков реализации, формирование пакета решений на уровне портфеля активов и оценку остаточного риска.

Конечным результатом является решение, которое обеспечивает мак-



симизацию ценности, получаемой от активов, компромисс между капитальными и операционными затратами.

RECLAIM – REmanufaCturing and refurbishment Large Industrial equipMent

Стареющие активы могут быть достаточно крупными и уникальными, так что их замена невозможна или крайне затруднена. Кроме того, замена и утилизация старых активов оказывает большое воздействие на окружающую среду.

При этом активы продолжают стареть, становятся всё более подвержены внеплановому простою, что приводит к значительным финансовым и производственным потерям. После отказов возникают сложности с восстановлением их работоспособности, поскольку на уникальные активы зачастую трудно найти запчасти (созданы по индивидуальному проекту или давно сняты с производства). Кроме того, отказы сокращают остаточный ресурс.

В этой связи 22 исследовательских центров, представителей университетов и промышленности из 9 европей-

SALVO определила 53 варианта вмешательства на жизненном цикле актива, которые стоит рассмотреть для прогнозирования, предотвращения, контроля, исправления или смягчения проблемы старения активов. Почти половина из них не связана с воздействием на активы.



Решения RECLAIM обеспечивают продление срока службы и повышение производительности активов за счет цифровизации. Для этого в проекте используются датчики параметров технического состояния оборудования, технологии промышленного Интернета вещей (IIoT), и другие методики.

ских стран в октябре 2019 года объединили свои усилия в четырехлетнем проекте RECLAIM [5] с амбициозной целью: демонстрация технологий и стратегий в поддержку новой парадигмы управления крупным промышленным оборудованием, срок службы которого приближается к концу. Его конечная цель – сэкономить ценные ресурсы за счет повторного использования активов вместо их списания и утилизации.

Для достижения этой цели предлагается методология использования накопленных знаний о состоянии активов вместе с инновационными методами, инструментами и услугами для систематической оценки наиболее подходящей стратегии продления их срока службы.

Решения RECLAIM обеспечивают продление срока службы и повышение производительности активов за счет цифровизации. Для этого в проекте используются датчики параметров технического состояния оборудования, технологии промышленного Интернета вещей (IIoT), модели деградации и цифровая аналитика для прогнозирования технического состояния и отказов, реализации прогностического технического обслуживания (predictive maintenance), предотвращения отказов и простоев.

К концу проекта эти решения реализованы в пяти европейских компаниях из различных отраслей (производство бытовой техники, обуви, текстиля, деревообработка, сварка).

Важной частью проекта стала работа по стандартизации. Участникам RECLAIM удалось задокументировать все разработки, чтобы другие могли ими легко воспользоваться, и выпустить соответствующий документ [6].

Проект стал шагом на пути к промышленной экономике замкнутого цикла, и в этой связи получил финансовую поддержку со стороны Европейской комиссии. В рамках RECLAIM продемонстрирована система принятия решений по восстановлению, реконструкции и повторному использованию стареющих активов. Эта система позволяет снизить потребление ресурсов на замену активов и количество отходов, генерируемых утилизацией. Она определяет стратегии восстановления с учетом множества критериев, таких как техническое состояние и возможные отказы, стоимость реконструкции, оптимальные

сроки, планы производства и обеспечение ресурсами.

Реализация проекта поставила новые вопросы:

- Как далеко можно продвинуться с помощью повторного использования и восстановления, модернизации и реконструкции? Где пределы?
- Как в будущем нужно проектировать машины, чтобы они отвечали требованиям экономики замкнутого цикла?

QVCMP

В системе высшего образования вопросам технического обслуживания и эксплуатационной надежности уделяется недостаточное внимание, как на Западе, так и в России. Академический курс теории надёжности в большей степени рассчитан на подготовку специалистов для проектирования и производства, чем для эксплуатации.

Поэтому существует необходимость дополнительного обучения и подтверждения квалификации (сертификации) в этой области, и появились соответствующие системы сертификации. Польза сертификата очевидна: он подтверждает компетентность его обладателя и повышает его личную «стоимость» на рынке труда.

В Европе инициативной организацией по развитию квалификации и компетентности персонала в области технического обслуживания является Европейская федерация национальных обществ технического обслуживания (European Federation of National Maintenance Societies, EFNMS). Миссия EFNMS, созданной в 1970 году и объединяющей Национальные общества технического обслуживания 24 европейских стран, заключается в обмене опытом и сотрудничестве для развития профессии технического обслуживания и создания европейской культуры технического обслуживания.

Шесть стран-членов EFNMS, в интересах всех членов этого объединения, выполнили трехлетний проект (2018-2021) «Qualification, Validation and Certification of Maintenance Personnel» (QVCMP) [7].

В рамках проекта разработаны квалификационные требования для четырех уровней квалификации:

1. менеджеры по техобслуживанию,
2. инженеры по техобслуживанию,

3. техники по техобслуживанию,
4. электрики, механики, электромеханики.

Требования опираются на международные и европейские стандарты и распределены по семи предметным областям (см. рисунок 2).

Сертификация представляет собой полностью оцифрованный процесс, включающий в себя компьютеризированный экзамен с базой данных вопросов (около 4000 вопросов), и осуществляется в соответствии с критериями стандарта EN 15628-2014 «Maintenance - Qualification of maintenance personnel».

Дополнительно EFNMS выпустила свод знаний для кандидатов на сертификацию (Maintenance Body of Knowledge, BoK) [8]. Свод периодически пополняется новыми темами, обновляются существующие темы, которых насчитывается 75, в частности:

- Производственные вопросы (например, «Управление жизненным циклом», «Техническое обслуживание и устойчивость», «Образование и обучение в области технического обслуживания», «Оценка профессиональных рисков при техническом обслуживании»),
- Методы или приемы (например, «Всеобщий уход за оборудованием», «Диагностика неисправностей», «Анализ коренных причин», «FRACAS», «Оценка остаточного ресурса», «Бенчмаркинг», «Принятие решений в области технического обслуживания», «Сбор данных»),
- Области знаний и практики (например, «Методы ведения переговоров и производственные отношения», «Основы управле-

ния и контроля проектов», «Подготовка и планирование работ», «Контроль бюджета», «Передовая практика в области охраны труда и техники безопасности»).

В мире широко известны другие системы сертификации:

- CMRP (Certified Maintenance & Reliability Professional),
- CRL (Certified Reliability Leader),
- CRE (Certified Reliability Engineer).

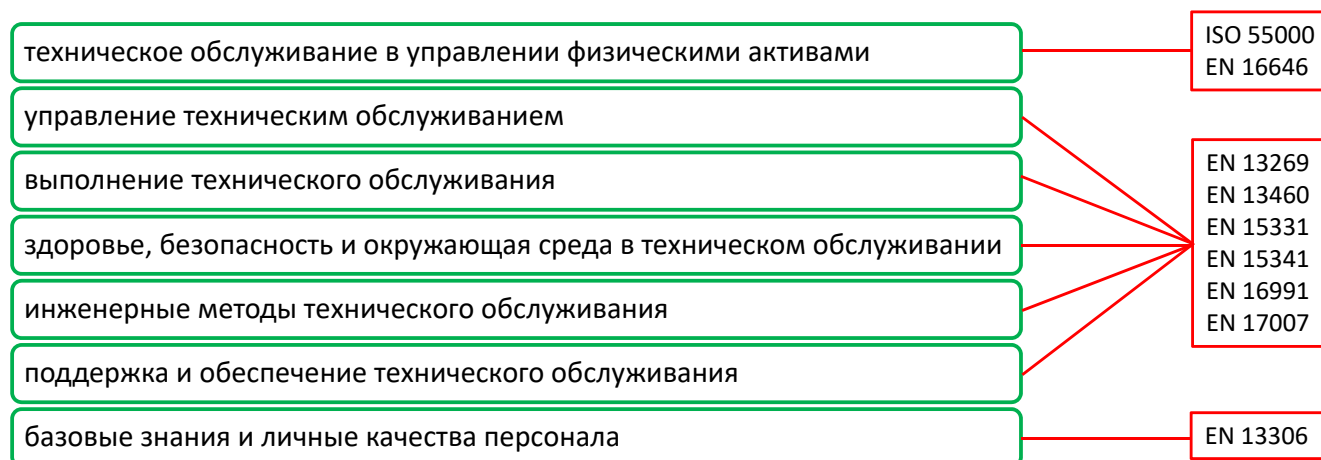
В России известна система сертификации «Ассоциации по сертификации «Русский Регистр», в рамках которой производится сертификация персонала на квалификацию «менеджер по надежности оборудования» с выдачей международного сертификата IPC (International Personnel Certification Association). Перед сертификационным экзаменом кандидаты на сертификацию проходят курс обучения [9], одобренный «Русским Регистром» и гармонизированный с программой сертификации.

Проекты GFAMM

Глобальный форум по техническому обслуживанию и управлению активами (GFAMM) – некоммерческая организация, основанная в мае 2010 года в Швейцарии, в 2017 году переехавшая в Канаду [10]. Членами GFAMM являются некоммерческие организации из разных стран и континентов, которые специализируются на вопросах методологической поддержки управления активами, технического обслуживания, развития персонала и т. д. Одна из основных целей GFAMM – содействовать обмену и согласованию знаний и практик по техническому обслуживанию и управлению активами.

Сертификация по QVCMР представляет собой полностью оцифрованный процесс, включающий в себя компьютеризированный экзамен с базой данных вопросов (около 4000 вопросов), и осуществляется в соответствии с критериями стандарта EN 15628-2014 «Maintenance – Qualification of maintenance personnel».

Рисунок 2. Предметные области и стандарты QVCMР



В «Спецификация для оценщика зрелости управления активами» описываются соответствующие знания, опыт и способности, необходимые человеку для решения тонкой и сложной задачи оценки зрелости управления активами в организации.

Проекты GFMAM связаны с разработкой методических документов в области управления активами. В частности, на текущий момент осуществляется набор участников очередных проектов, в числе которых «Цифровая трансформация в техническом обслуживании и управлении активами», «Роль технического обслуживания и управления активами в устойчивом развитии и ESG».

К завершенным проектам, в частности, относятся следующие.

1. Разработка документа «Guidelines for Assessing Asset Management Maturity» («Руководство по оценке зрелости управления активами»).

Зрелость, отождествляемая с требованиями стандарта ISO 55001, может не обеспечивать получение всей ценности от активов. Организации, которые развивают свою зрелость в управлении активами за пределами соответствия ISO 55001, получают значительные преимущества. В этой связи различные профессиональные организации уже много лет разрабатывают представления о зрелости управления активами (см. рисунок 3). В этих инициативах используются разные подходы, и GFMAM признала возможность продолжить эту работу, выработав рекомендации в отношении того, каким образом следует оценивать зрелость управления активами.

2. Разработка документа «Specification for an Asset Management Maturity Assessor» («Спецификация

для оценщика зрелости управления активами»).

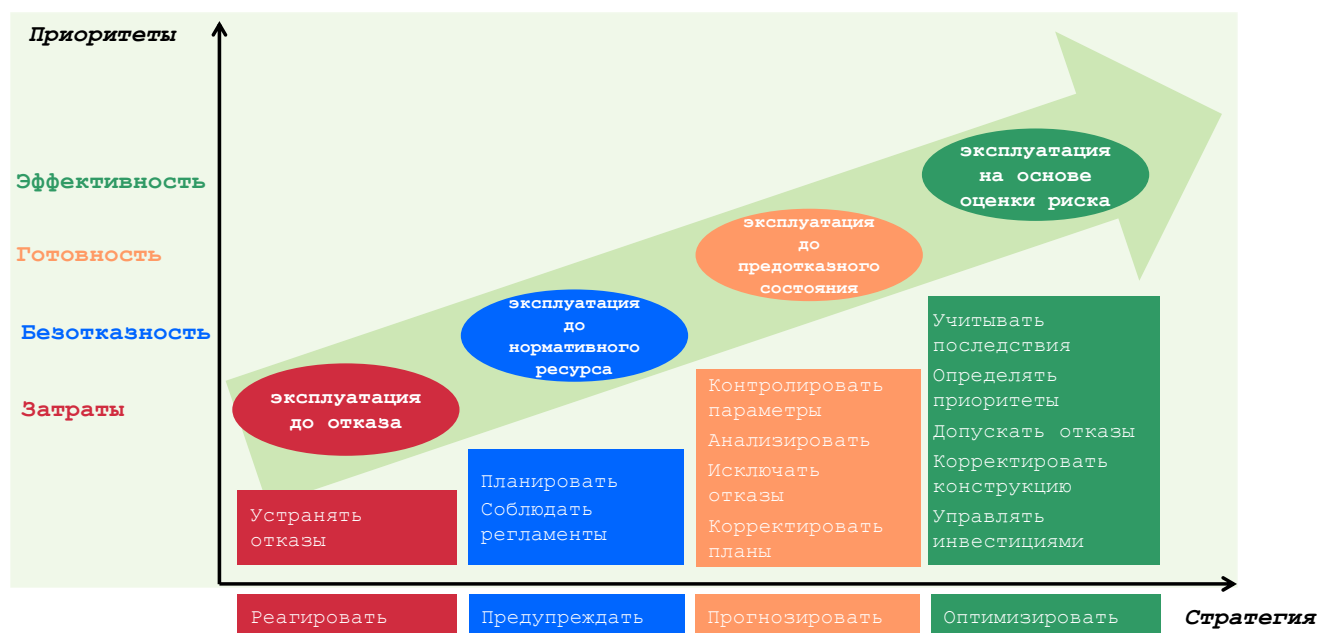
В этой Спецификации описываются соответствующие знания, опыт и способности, необходимые человеку для решения тонкой и сложной задачи оценки зрелости управления активами в организации. Организациям и экспертам, желающим выбрать оценщика, необходим надежный и прозрачный процесс признания этих качеств в кандидате.

3. Разработка документа «Criteria for Evaluating Asset Management Indicators» («Критерии оценки показателей управления активами»).

Многие менеджеры и специалисты, занимающиеся управлением активами, склонны повторно использовать показатели, с которыми они знакомы из других дисциплин, для оценки прогресса и улучшений в управлении активами. Однако управление активами – это системный подход, результат которого не является суммой результатов, входящих в него дисциплин. Поэтому требуются специфические показатели, позволяющие оценить системный эффект управления активами.

В этом документе представлена модель для проверки показателей управления активами, основанная на критериях значимости. Она позволяет оценить эффективность показателей, предложенных для измерения результатов и процессов управления активами, и обосновывает рейтинг их значимости.

Рисунок 3. Пример представления о зрелости управления активами на этапе эксплуатации



Модель основана на корреляции между 39 областями деятельности по управлению активами, сформулированными в документах GFMAM, и девятью выгодами от управления активами, описанными в стандарте ISO 55000 (пункт 2.2). Основная предпосылка состоит в том, что если корреляция существует, то показатель, связанный с какой-либо из 39 областей деятельности, может использоваться для оценки достижения соответствующей выгоды от управления активами.

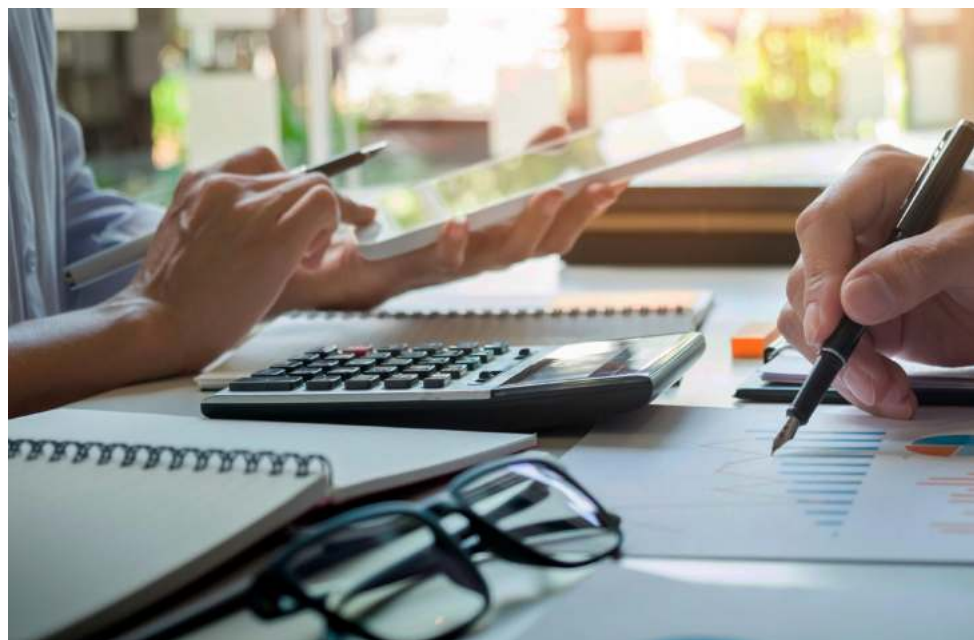
SM4RTENANCE и другие проекты в области данных

Идея прогнозного технического обслуживания (Predictive Maintenance) состоит в использовании модели развития отказа для прогнозирования момента отказа, исходя из текущих параметров технического состояния. Такой прогноз дает возможность, с одной стороны, отложить предупредительное обслуживание до момента, когда оно будет действительно необходимо, а с другой стороны – даёт время, чтобы подготовиться к нему и исключить внеплановые остановки. То есть заказать и закупить необходимые запчасти и материалы, подготовить необходимую оснастку и инструменты, запланировать отключение и остановку, запланировать привлекаемый персонал и внешних исполнителей. Тем самым удастся снизить время простоя на обслуживании, повысить коэффициенты использования и готовности, сэкономить на работах и складских запасах.

Ключевая роль в реализации прогнозного обслуживания отведена машинному обучению (Machine Learning), основанному на выявлении эмпирических закономерностей в накопленных данных о параметрах технического состояния, технологических режимах, условиях эксплуатации и внешней среды, характеристиках сырья, действиях операторов, зафиксированных дефектах и отказах и т.д.

Алгоритм прогнозирования обучается на эталонных данных в предположении, что в будущем отказы будут развиваться аналогичным образом. Это и должно затем обеспечивать выявление известных сигнатур отказа в рабочих данных и прогнозирование сроков его развития.

Узким местом здесь являются данные [11]. Данных об отказах обычно



не хватает, поскольку действующая система технического обслуживания предотвращает отказы. Другие виды данных зачастую неполные, недостоверные и непригодные по иным причинам, в числе которых – отсутствие четкого регламента их сбора или применение такого регламента недостаточно долго, чтобы собрать необходимый объем данных.

В этой связи реализуются международные проекты, цель которых – сбор данных от разных владельцев активов в публичное хранилище, так чтобы ими могли воспользоваться все заинтересованные лица.

К числу таких проектов относится SM4RTENANCE [12] – консорциум, объединяющий 47 партнеров из 11 европейских стран. В рамках проекта создаётся независимое межотраслевое пространство данных для обрабатывающей промышленности, где данные могут предоставляться различными заинтересованными сторонами, поставщиками услуг, производителями, OEM-заказчиками, взаимодействующими на протяжении всего жизненного цикла активов для оказания услуг по техническому обслуживанию.

Миссия SM4RTENANCE состоит в том, чтобы соединить ключевые экосистемы, стандарты, мощности и элементы пространства данных, обеспечить экономический эффект за счет масштабирования данных для прогнозного обслуживания с участием многих заинтересованных сторон и цепочки поставок на протяжении всего жизненного цикла активов.

Известны также проекты, имеющие

Модель, представленная «Criteria for Evaluating Asset Management Indicators» позволяет оценить эффективность показателей, предложенных для измерения результатов и процессов управления активами, и обосновывает рейтинг их значимости.



Идея прогнозного технического обслуживания (Predictive Maintenance) состоит в использовании модели развития отказа для прогнозирования момента отказа, исходя из текущих параметров технического состояния.

отраслевую направленность, ориентированные на технологические установки и оборудование химических и нефтехимических предприятий [13], электростанций [14], горнодобывающей промышленности [15] и других отраслей.

В итоге...

Стандарты серии ISO 55000 стали результатом международного консенсуса относительно того, как следует управлять активами. При этом они содержат необходимый минимум требований и дают краткое руководство по их внедрению.

Однако для, эффективного внедрения системы управления активами

необходим более широкий охват методологии, с выходом за пределы указанных стандартов. В этой связи многочисленные проекты, реализуемые на международной основе, являются связующим звеном между требованиями документов высокого уровня и практикой их применения.

Непосредственное отношение к практике управления активами имеют уже документы, разрабатываемые каждой организацией для себя (Политика управления активами, Стратегический план управления активами, Планы управления активами), и сама система управления активами, включая средства ее поддержки, такие как информация и информационная система [16].

Список литературы:

1. Антоненко И.Н. Риск-ориентированное управление надежностью в контексте стандартов ISO 55000 // Главный инженер. Управление промышленным производством. – 2024. – №1.
2. Гулати Р. Техническое обслуживание и надежность. Лучшие практики/ Рамеш Гулати; пер. с англ. К. Зырянов, В. Смирнов; под ред. К. Зырянова, Б. Каца; – Екатеринбург: К.А. Зырянов, 2023. – 792 с.
3. What was the MACRO Project?: [Электронный ресурс]. URL: www.MACROproject.org (дата обращения 04.04.2024).
4. SALVO Decision Making Framework for best practices in Asset Management: [Электронный ресурс]. URL: <https://www.salvoproject.org/> (дата обращения 04.04.2024).
5. RECLAIM - Refurbishment and re-manufacturing of large industrial equipment: [Электронный ресурс]. URL: <https://www.reclaim-project.eu/> (дата обращения 04.04.2024).
6. CWA 18038:2023 Methodology for managing maintenance strategy and remanufacturing projects of large industrial equipment.
7. Certified European Maintenance Professionals: [Электронный ресурс]. URL: <https://www.cemaint.eu/> (дата обращения 04.04.2024).
8. EFNMS - Body of Knowledge: [Электронный ресурс]. URL: <https://www.efnms.eu/publications/bok/> (дата обращения 04.04.2024).
9. Управление надежностью оборудования: [Электронный ресурс]. URL: <https://trim.ru/seminari/> (дата обращения 04.04.2024).
10. Global Forum on Maintenance & Asset Management: [Электронный ресурс]. URL: <https://gfmam.org> (дата обращения 04.04.2024).
11. Антоненко И.Н. Семь шагов к эффективному управлению данными о производственных активах// Химгазета. – 2022. – №2(58). – С. 28-32.
12. SM4RTENANCE. Trusted Data Sharing for Manufacturing Equipment Industry: [Электронный ресурс]. URL: <https://sm4rtenance.eu/> (дата обращения 04.04.2024).
13. Process Equipment Reliability Database: [Электронный ресурс]. URL: <https://www.aiche.org/ccps/resources/process-equipment-reliability-database-perd> (дата обращения 04.04.2024).
14. Generating Availability Data System: [Электронный ресурс]. URL: [https://www.nerc.com/pa/RAPA/gads/Pages/GeneratingAvailabilityDataSystem-\(GADS\).aspx](https://www.nerc.com/pa/RAPA/gads/Pages/GeneratingAvailabilityDataSystem-(GADS).aspx) (дата обращения 04.04.2024).
15. Mining Intelligence and Benchmarking: [Электронный ресурс]. URL: <https://www.pwc.com.au/analytics/data-definitions.html> (дата обращения 04.04.2024).
16. Антоненко И.Н. EAM-система TRIM: от автоматизации ТОиР к управлению активами// Автоматизация в промышленности. – 2015. – №1. – С. 40-43.