

Управление операционными рисками, связанными с отказами оборудования: общее представление и подход



Игорь Антоненко,
начальник отдела маркетинга
ООО «НПП «СпецТек», к.т.н.,
antonenko@spectec.ru

За истекшие 100 лет деятельность человека в области эксплуатации машин и оборудования претерпела масштабную эволюцию. От простой практики эксплуатации до отказа человечество перешло сначала к профилактике, затем к обслуживанию по состоянию, и наконец, к комбинированию указанных практик на основе оценки риска. В настоящей статье рассмотрим основные мотивы такой эволюции применительно к эксплуатирующей организации, общее представление стандартов серии ISO 55000 о том, какую программу обслуживания следует считать хорошей, и подход к его реализации.



Стандарты устанавливают риск-ориентированный подход к управлению активами. Для решения проблем и принятия решений, связанных с активами, организация должна оценить риски.

В 2014 году были приняты первые три стандарта серии ISO 55000. Преимуществом области их применения — управление физическими активами, такими как оборудование, машины, материальные запасы и объекты недвижимости. Именно в этом смысле далее будет использоваться термин «активы». В России разработаны и с апреля 2015 года введены в действие идентичные стандарты серии ГОСТ Р 55.0.00.

В последующем эта серия стандартов была расширена и обновлена. В настоящее время технический комитет ISO/TC 251 работает над пересмотром терминологического стандарта (ISO 55000) и стандарта, устанавливающего

требования к системам управления активами (ISO 55001). В России этой работой занимается ТК86 — Технический комитет по стандартизации «Управление активами» (секретариат ТК86 ведет НПП «СпецТек»).

Если окинуть взглядом указанные стандарты, то можно выделить основные идеи, принципы, элементы, требования. Но если существует некий краеугольный камень, на котором стоит всё здание, то вот он: **управление активами преобразует цели организации в относящиеся к активам решения, планы и виды деятельности, используя подход, основанный на оценке рисков** [1, п. 2.1].

Таким образом, стандарты устанавливают риск-ориентированный подход к управлению активами. Для решения проблем и принятия решений, связанных с активами, организация должна оценить риски. А оценив риски, она должна найти баланс между затратами и рисками с одной стороны и обеспечением требуемой производительности активов — с другой стороны [1, п. 2.4.1], с учетом потребностей заинтересованных сторон. С этим балансом стандарты связывают улучшенные финансовые результаты, эффективность и результативность организации [1, п. 2.2].

Общее представление об управлении активами, сформированное ГОСТ Р 55.0.01, признаёт изменчивость указанного баланса и декларирует необходимость его нахождения в разные периоды времени и на всех этапах жизненного цикла актива, в том числе на этапе эксплуатации [1, п. 2.4.1]. Таким образом, эксплуатирующая организация должна на постоянной основе оценивать риски, связанные с активами, и принимать решения с учетом оценки рисков.

Для этого она должна определить и использовать критерии принятия решений [2, п. 4.2], основанные на оценке риска и величины потерь, связанных с потенциальным отказом актива [3, п. 10.3.1]. Разработать и внедрить процессы для упреждающего обнаружения потенциальных отказов активов и оценивать необходимость предупреждающих действий [3, п. 10.2]. Разработать, внедрить и поддерживать в рабочем состоянии процессы для инициирования предупреждающих действий и диагностики, выполняемых для воздействия на коренные причины потенциальных отказов до того, как риски станут неприемлемыми. Эти процессы должны учитывать выявление потенциальных

отказов, тенденций их развития и рисков, использование технологий, соразмерных с риском, величиной потерь и ожидаемым эффектом, изменения в планах управления активами с учетом предупреждающих действий и так далее [3, п. 10.3.1].

У сотрудников и руководителей технических служб может возникнуть вопрос: почему эксплуатирующая организация должна всем этим заниматься? Оценивать риски отказов, инициировать предупреждающие отказ действия, выявлять потенциальные отказы, подбирать технологии предупреждения, соразмерные с риском. Ведь есть регламент, предоставленный производителем, и там всё прописано.

Люди на передовой нуждаются в ясном понимании причин своей деятельности, почему ту или иную работу необходимо выполнять, а не только как ее выполнять — то, что в стандартах называется осведомленностью [3, п. 7.3.1]. Формирование такой осведомленности является ответственностью руководителей всех уровней, включая высшее руководство [3, п. 5.1.2]. Поэтому попробуем далее прояснить суть послания стандартов ISO 55000.

Базовые стратегии эксплуатации

Существуют три основных стратегии эксплуатации:

- 1. эксплуатация до отказа,
- 2. эксплуатация до нормативного ресурса,

3. эксплуатация до предотказного состояния.

Каждая из них включает в себя соответствующую политику управления отказами, которая определяет, когда и в каком объеме выполнять обслуживание и ремонт (см. таблицу 1).

Стратегия эксплуатации определяется проектировщиком актива, который также разрабатывает регламент технического обслуживания с указанием сроков и объемов работ, уточняемый затем по данным испытаний опытных образцов.

При эксплуатации до отказа действуют по принципу «Пусть ломается, починим», не взирая на последствия. Предупредительное обслуживание не выполняется, после отказа следует внеплановый ремонт. По мере усложнения машин и обострения конкуренции такая практика сопровождалась ростом производственных последствий отказов, не говоря уже о последствиях для экологии и безопасности.

При эксплуатации до нормативного ресурса исходят из предположения, что по достижении некоторой наработки (часы эксплуатации, километры пробега, количество запусков) начинает расти вероятность отказа. И задача в том, чтобы упредить отказ, выполнить профилактику раньше и тем самым восстановить израсходованный ресурс.

Величина средней наработки на отказ (MTBF) используется проектировщиком актива для определения момента начала плановых профилактических работ. Но чтобы быть уве-

Базовые стратегии эксплуатации включают в себя соответствующую политику управления отказами, которая определяет, когда и в каком объеме выполнять обслуживание и ремонт, и определяются проектировщиком актива, который разрабатывает регламент технического обслуживания с указанием сроков и объемов работ.

Таблица 1. Стратегии эксплуатации

Стратегия эксплуатации	Политика управления отказами	Начало ТОиР	Объем ТОиР
эксплуатация до отказа	реактивное обслуживание	событие отказа	по фактическим последствиям отказа
эксплуатация до нормативного ресурса	профилактическое обслуживание	момент исчерпания нормативного ресурса	по регламенту
эксплуатация до предотказного состояния	корректирующее обслуживание по фактическому состоянию	момент наступления предотказного состояния	по фактическому состоянию
	корректирующее обслуживание на основе прогноза состояния	прогнозируемый момент наступления предотказного состояния	по прогнозируемому состоянию с коррекцией по факту

Прогностическое обслуживание (Predictive Maintenance) — это современное развитие идеи П-Ф-кривой с использованием искусственного интеллекта и вычислительной техники. Ключевая роль в его реализации отведена машинному обучению (Machine Learning).

ренным на 95%, что профилактика будет выполнена прежде, чем возникнет отказ, необходимо уменьшить MTBF на 1,645 её среднеквадратического отклонения.

Стратегия эксплуатации до предотказного состояния основана на П-Ф-кривой [4]. Кривая П-Ф (или P-F, Potential failure — Failure) представляет собой модель развития отказа от предотказного состояния (точка П), которое может быть обнаружено методами диагностики, до функционального отказа (точка Ф), когда актив не способен выполнять свою функцию в соответствии с требованиями (см. рисунок 1, а).

Предотказное состояние характеризуется повышением вероятности отказа, а точка П сигнализирует о том, что отказ приближается. В идеале, техническая диагностика выявляет предотказное состояние в момент П и назначается ТОиР. Таким образом, начало ТОиР определяется фактическим, а не предполагаемым состоянием актива по наработке.

П-Ф-интервал служит для определения периодичности контроля состояния: его нужно выполнять с периодом повторения $t \ll \text{П-Ф}$, чтобы не пропустить точку П. Сам П-Ф-интервал должен быть достаточно длительным, чтобы после обнаружения П осталось время T , за которое можно успеть заказать и получить необходимые ресурсы, назначить исполнителей и начать корректирующее обслуживание, которое будет внеплановым.

Прогностическое обслуживание (Predictive Maintenance) [5] — это современное развитие идеи П-Ф-кривой с использованием искусственного интеллекта и вычислительной техники. Ключевая роль в его реализации отведена машинному обучению (Machine Learning), основанному на выявлении эмпирических закономерностей в данных о параметрах технического состояния, режимах работы, условиях эксплуатации и внешней среды, характеристиках сырья 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.

Прогностическое обслуживание увеличивает П-Ф-интервал, обеспечивает более раннее выявление предотказного состояния и прогнозирование даты отказа. Это позволяет подготовиться к корректирующему обслуживанию: заказать и закупить запчасти, запланировать отключение и остановку, запланировать и подготовить персонал. Сама работа по корректирующему обслуживанию становится здесь плановой.

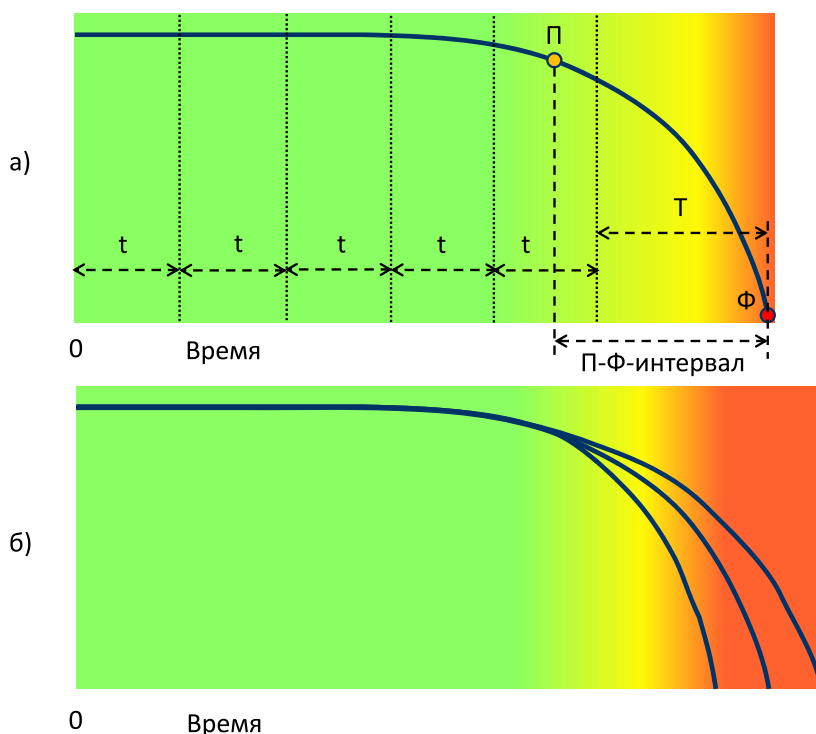
Обслуживание, основанное на прогнозировании — скорее перспектива, чем обычная практика на текущий момент. Основной проблемой являются данные: их наличие, их полнота и достоверность [6]. Данных об отказах обычно не хватает, поскольку действующая система технического обслуживания предотвращает отказы. Причем дефицитными оказываются как раз данные, представляющие наибольший интерес — о наиболее критичных отказах (парадокс Резникова, Resnikoff Conundrum).

Гибридный метод снижает остроту проблемы: для обучения используются данные об отказах и о нормальной работе. Отклонение от известной нормы будет идентифицировано как приближение отказа. Реализуются международные проекты, такие как SPIDR, PERD [7] и другие, цель которых — сбор данных от разных владельцев активов в публичное хранилище. Однако полностью проблема дефицита и качества данных не решена.

Кто управляет рисками?

В идеале проектировщик точно рассчитал MTBF или уточнил её в ходе испытаний. Однако расчетные модели

Рисунок 1. Кривая П-Ф и ее вариабельность



позволяют получить оценку лишь в первом приближении. А условия испытаний упрощаются применительно к усредненным или наиболее тяжелым условиям, поскольку испытания представительной совокупности однотипных активов с учетом всех возможных условий окружающей среды, длительности и величины рабочих нагрузок, изменений режимов работы и возраста — это слишком дорого и долго. Поэтому данные испытаний скудны и дают лишь приблизительную оценку MTBF.

Кривая П-Ф имеет высокую вариабельность [8], что снижает точность оценки П-Ф-интервала (рис. 1, б). Положение точки П зависит от применяемого метода диагностики. Например, ультразвуковая диагностика обнаруживает предотказное состояние подшипника раньше, чем вибродиагностика. Положение точки Ф зависит от запаса устойчивости к перегрузкам, заложенного при проектировании актива, от изменчивости качества его изготовления, от качества крепежа, центровки и балансировки при монтаже и вводе в эксплуатацию, от соблюдения правил его эксплуатации и вариаций режимов работы. У однотипных активов, эксплуатируемых в разных условиях, будет разный П-Ф-интервал.

Таким образом, определяя стратегию эксплуатации, проектировщик располагает очень приблизительной оценкой вероятности отказа. У него есть MTBF, полученная в результате ограниченных

испытаний, или некая «усредненная» кривая П-Ф с приблизительной оценкой П-Ф-интервала. Поэтому он поступает консервативно: существенно занижает полученное значение MTBF или П-Ф-интервала. И нагружает регламент ТОиР избыточным обслуживанием и проверками состояния [9]. Затем производитель передает эксплуатирующей организации изделие вместе с этим регламентом.

При этом проектировщик и производитель актива управляют исключительно **своими рисками**, не учитывая потребности владельцев актива и других заинтересованных сторон и руководствуясь следующими мотивами:

- обеспечить репутацию своего оборудования как очень надежного,
- увеличить свою выгоду от продажи запчастей, занижая нормативный срок их службы,
- сократить объем затрат на гарантийные работы по устранению отказов.

Эксплуатирующая организация в результате получает неоптимальную программу обслуживания, в рамках которой профилактика часто преждевременна, а иногда запаздывает [10].

Выше говорилось в основном о вероятности отказа. Но ведь риск — это сочетание вероятности и последствий. Как обстоят дела с оценкой последствий?

Проектировщику актива зачастую не известны последствия его отказа в том эксплуатационном контексте, в котором

Проектировщику актива зачастую не известны последствия его отказа в том эксплуатационном контексте, в котором актив будет использоваться. Поэтому он исходит из ошибочной оценки соотношения рисков и затрат на реализацию политики управления отказами.

Рисунок 2. Эволюция стратегий эксплуатации и обслуживания



В основу подхода RBM (Risk-based maintenance) положена идея о списках активов, ранжированных по убыванию риска отказа. Такие списки могут формироваться по видам активов (статическое и динамическое оборудование), по месту в технологической цепочке (добыча и переработка), по структурным подразделениям и так далее.

актив будет использоваться. Поэтому он исходит из ошибочной оценки соотношения рисков и затрат на реализацию политики управления отказами.

Даже если последствия отказа были учтены на момент поставки актива, со временем они могут измениться. Например, изменились требования к производительности и безотказности в связи с изменением планового объема производства, изменилась цена недовыпуска продукции из-за изменения конъюнктуры: сегодня спрос на продукцию высокий и остановка по причине отказа повлечет серьезные экономические последствия, через год спрос упал — и последствия будут иными. Нормативная и законодательная среда постоянно усложняется, и соответствующие риски также эволюционируют.

Таким образом, регламент обслуживания, предоставляемый производителем, часто имеет ограниченную связь с критериями риска эксплуатирующей организации или вообще не имеет никакой связи [11]. Он, скорее всего, не будет учитывать уровень приемлемого риска, выраженный в системе управления рисками эксплуатирующей организации. Такие регламенты вряд ли приведут к балансу рисков, затрат и производительности, о котором говорится в стандартах ISO 55000.

Практика опровергает распространенное заблуждение: регламент обслуживания хороший, поскольку он рекомендован производителем. Нет,

хорошие программы обслуживания основаны на оценке риска — таков посыл стандартов ISO 55000. А риск — это сочетание вероятности и последствий отказа. Тем самым стандарты ISO 55000 смещают внимание на последствия отказа. В этой связи эволюция стратегий эксплуатации и обслуживания представляется такой, как показана на рисунке 2.

Эксплуатирующая организация должна **сама управлять своими операционными рисками** с учетом эксплуатационного контекста и требований заинтересованных сторон (в том числе органов технического надзора).

Однако стандарты ISO 55000, определяя, что нужно делать, не говорят, как делать. В этой связи для выполнения требований стандартов необходимо применять выработанный практикой риск-ориентированный подход.

Risk-based maintenance

Подход RBM (Risk-based maintenance, техническое обслуживание на основе оценки риска) появился относительно недавно [12]. Процедура RBM (RBIM) подробно описана в стандарте [13].

В основу подхода положена **идея о списках активов, ранжированных по убыванию риска отказа**. Такие списки могут формироваться по видам активов (статическое и динамическое оборудование), по месту в технологической цепочке (добыча и переработка), по структурным подразделениям и так далее.

Ультразвуковая диагностика обнаруживает предотказное состояние подшипника раньше, чем вибродиагностика



Для ранжирования (приоритизации) активов проводится первоначальный скрининг рисков с использованием накопленной статистики отказов (частота, последствия). На этой основе для каждого элемента списка рассчитывается ранг приоритетности риска (RPN) [14].

Эксплуатирующая организация, как правило, не имеет доступа к результатам анализа видов и последствий отказов (АВПО, FMEA), проведенного проектировщиком. Поэтому скрининг рисков дополняется АВПО, по итогам которого RPN может быть увеличен и приравнен к наибольшему значению RPN возможного вида отказа актива.

Полученный ранжированный список оценивается качественно: определяют зоны высокого, среднего и низкого риска. В зоне низкого риска предупредительные воздействия на активы не выполняются, даже если они рекомендованы производителем, и выбирается стратегия «эксплуатация до отказа», если цена последствий отказа ниже затрат на выполнение предупредительных работ.

По отношению к активам из зоны среднего риска действующая программа ТОиР либо продолжает применяться без изменений, либо подвергается анализу и экономической оптимизации путём удаления:

- ненужных работ, не предупреждающих ни один вид отказа,
- дублирующих работ, предупреждающих тот же отказ, что и другие работы,
- избыточных работ, выполняемых чаще, чем это необходимо.

Наиболее проблемные активы из зоны высокого риска должны быть включены в программу повышения надёжности, стать предметом детального анализа риска и пересмотра программ их обслуживания. Анализируются причины их отказов, выявляются первопричины, проводится «редизайн» программы их обслуживания — корректируются вид, объем и периодичность воздействий на активы с целью снижения совокупного риска.

Это включает в себя пересмотр политики управления отказами, если она оказалась неприменимой или неэффективной, и применение таких мер, как:

- замена неприменимых работ, не соответствующих механизмам отказа,
- замена неэффективных работ, не способных снизить риск,
- увеличение частоты выполнения недостаточных работ,
- добавление работ, связанных с новыми видами отказов,
- разовые изменения, если приме-

В стандарте CNAIM в качестве интегрального безразмерного показателя технического состояния применяется «Health Score», на основе которого рассчитывается вероятность отказа (PoF).

В методике Минэнерго РФ используется так называемый индекс технического состояния (ИТС) — безразмерная величина от 0 до 100



Каждый ИТС вышележащего уровня рассчитывается на основе значений ИТС нижележащего уровня, умноженных на весовые коэффициенты. И только ИТСу рассчитывается на основе взвешенных значений групп измеряемых параметров (ГП).

нимые и эффективные работы не найдены: обучение персонала, изменение процессов, доработка инструкций, реконструкция.

На практике находит применение упрощение описанного выше всеобъемлющего подхода, **когда из него исключается АВПО, не проводится редизайн программы обслуживания и выполняется ранжирование работ, а не активов**. Идея состоит в том, чтобы определить приоритетность технических воздействий на активы, так чтобы сконцентрировать ограниченные операционные и инвестиционные ресурсы на выполнении наиболее приоритетных работ и добиться максимального эффекта в рамках ресурсных ограничений [15-16].

Таким образом, из действующей программы обслуживания отбираются работы, которые следует выполнить в приоритетном порядке или которые можно отложить, исходя из оценки риска. Приоритетность работы определяется риском, реализацию которого эта работа должна предотвратить: чем он выше, тем выше приоритет. Риск определяется вероятностью отказа (функция от технического состояния актива) и последствиями отказа. Объем приоритетных работ зависит от состояния активов, и может включать предупредительное обслуживание (профилактическое или по фактическому состоянию), капитальный ремонт, замену, техническое перевооружение и реконструкцию.

При этом требуется свести в один ранжированный список работы на разнородных активах, техническое состояние которых оценивается параметрами различной физической природы и измеряется принципиально разными средствами. Для этого используются интегральные безразмерные показатели технического состояния.

В стандарте СНАИМ [15] в качестве такого показателя применяется «Health Score», на основе которого рассчитывается вероятность отказа (PoF). Последствия отказа (CoF) берутся из обширных справочных данных в приложениях к стандарту. Объединение PoF и CoF даёт показатель риска, выраженный в денежном выражении.

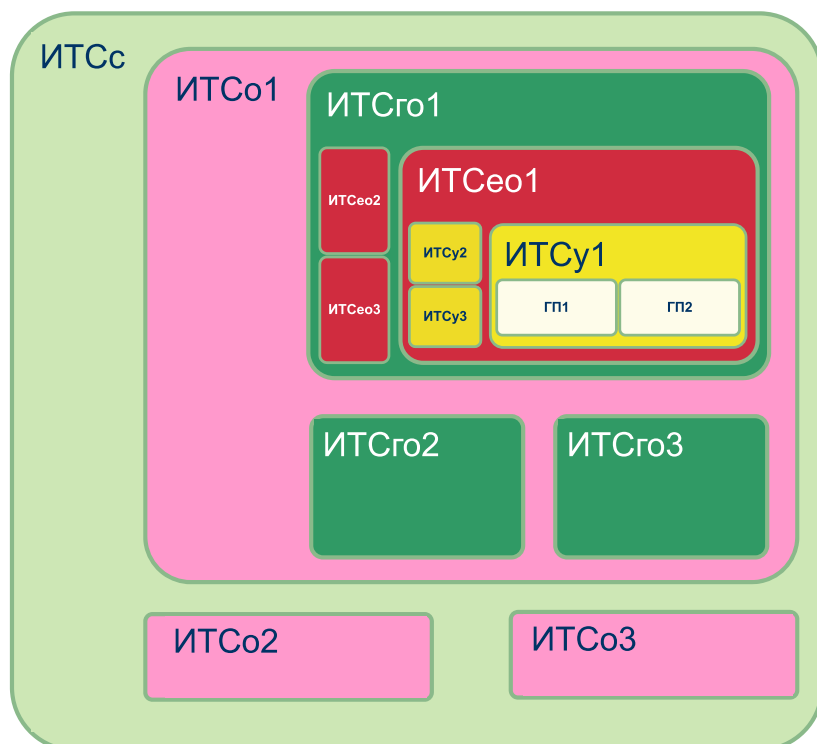
В методике [16] используется так называемый индекс технического состояния (ИТС) — безразмерная величина от 0 до 100. Значение ИТС характеризует техническое состояние актива: $ИТС \leq 25$ — критическое, $25 < ИТС \leq 50$ — неудовлетворительное, $50 < ИТС \leq 70$ — удовлетворительное, $70 < ИТС \leq 85$ — хорошее, $85 < ИТС \leq 100$ — очень хорошее.

Величина ИТС рассчитывается на нескольких уровнях разукрупнения. Нижним из них является ИТС функционального узла (ИТСу), выше следует ИТС единицы оборудования (ИТСео), далее — ИТС группы однотипного оборудования (ИТСго). Затем уровень объекта (ИТСо). Верхним является уровень ИТС группы объектов, принадлежащих субъекту — т.е. ИТС субъекта (ИТСс). Уровни ИТС характеризуются иерархией и вложенностью (см. рисунок 3).

Каждый ИТС вышележащего уровня рассчитывается на основе значений ИТС нижележащего уровня, умноженных на весовые коэффициенты. И только ИТСу рассчитывается на основе взвешенных значений групп измеряемых параметров (ГП). Каждая ГП характеризует техническое состояние функционального узла определенным образом, и состоит из нескольких измеряемых физических параметров. Значения физических параметров переводятся в безразмерные баллы от «0» (наихудшая оценка) до «4» (наилучшая оценка) путем оценки их отклонений от предельно-допустимых значений, установленных методикой. В итоге группе параметров присваивается балл, наименьший из балльных оценок параметров, входящих в ГП.

На рисунке 4 иллюстрируется эффективность риск-ориентированного подхода (РОП) в сравнении с планово-профилактическим обслуживанием (ППО). Здесь в одной системе координат

Рисунок 3. Многоуровневая структура ИТС



отражена нарастающая функция затрат на предупредительные работы и убывающие функции остаточного риска, связанного с отказами, в зависимости от объема предупредительных работ.

Если задан некоторый бюджет на предупредительные работы Б1, то при ППО и РОП остаточный риск составляет, соответственно, РП и РР. При этом $РР < РП$ благодаря тому, что кривая риска при РОП имеет большую крутизну на начальном участке. Это связано с тем, что в рамках РОП осуществляется ранжирование работ по уровню риска, а имеющийся объем ресурсов в первую очередь расходуется на предупреждение отказов с наибольшим риском. Тем самым, при заданном Б1 и при объеме работ Р1 обеспечивается минимум риска.

Если при ППО оптимума не существует, а работы, предписанные регламентами, должны выполняться полностью, то при РОП можно найти бюджет Б2 и объем работ Р2, при котором обеспечивается баланс между затратами на обслуживание и рисками, соответствующий минимуму стоимости жизненного цикла активов.

Примеры из практики

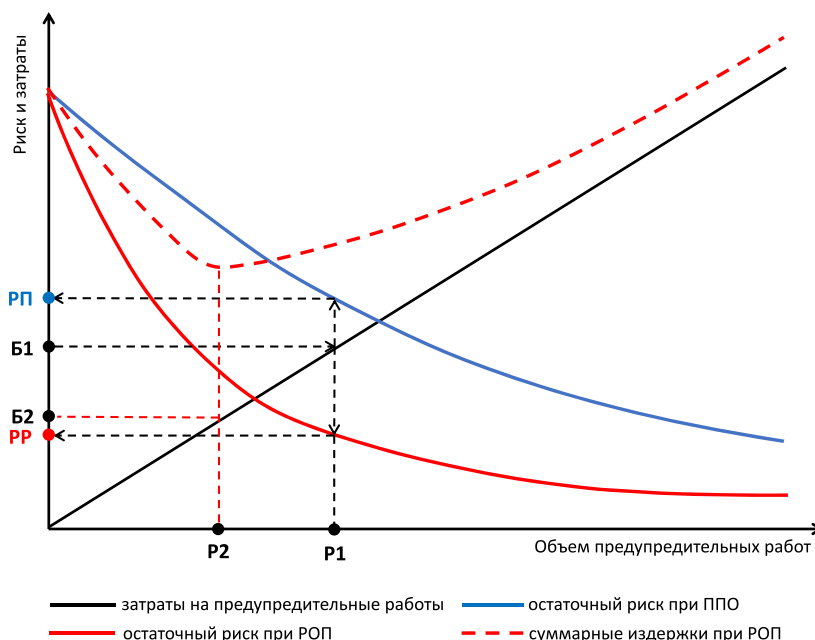
На предприятии ООО «Эм-Си Баухеми» (один из ведущих производителей сухих строительных смесей в России) был проведен редизайн программы ТОиР с использованием данных, накопленных в информационной системе, созданной на основе программного комплекса TRIM [17].

Благодаря регистрации в TRIM всех отказов и дефектов, а также учету работ по их устранению, специалисты предприятия идентифицировали 20% оборудования, дающего 80% количества отказов, и 20% оборудования, дающего 80% затрат на ремонт. По отношению к этому оборудованию и была проведена оптимизация программы работ.

Были исключены ненужные работы, выявлены неэффективные предупредительные работы. По каждому такому случаю был проведен анализ корневых причин дефектов, и выработаны соответствующие меры. В каких-то случаях инженеры изменили дизайн работы (например, уменьшили интервал смазки или добавили новую работу «замена болта крепления редуктора»). В других случаях заменили поставщика запчастей.

В тех случаях, когда дефекты по-другому никак не снизить, провели реконструкцию (например, вынос подшип-

Рисунок 4. Сравнение ППО и РОП



ников барабана элеватора за пределы шахты или установка дополнительных уплотнений), или замену (например, замена винтового насоса на мембранный, замена приводного редуктора барабанной сушилки песка). Эти меры позволили сократить количество дефектов на 18%, и уменьшить занятость персонала отдела главного инженера на 16%.

В свое время в ПАО «Челябинский металлургический комбинат» (Группа Мечел) мы проводили аудит действующей системы ТОиР, разработали ряд нормативных документов, в том числе стандарт предприятия «Система ТОиР и обеспечения надежности», а также набор методик, обеспечивающих его применение: «Процесс НОТО», «Определение критичности оборудования», «Расчет стоимости жизненного цикла», «Расчет индекса технического состояния», «Анализ корневых причин отказа», «Система KPI для анализа надежности/эффективности ТОиР» [18].

В настоящее время на предприятии [19], основываясь на данных информационной системы, оценивают критичность и выявляют проблемные единицы оборудования, имеющие наибольшее влияние на уровень простоев и снижение производительности. На основании этой информации производится приоритизация ремонтных работ таким образом, чтобы в первую очередь повысить надежность этих единиц оборудования и сконцентрировать ограниченные ресурсы компании на наиболее важных и критичных активах.

В случае, когда причина простая (или

Если при ППО оптимума не существует, а работы, предписанные регламентами, должны выполняться полностью, то при РОП можно найти бюджет Б2 и объем работ Р2, при котором обеспечивается баланс между затратами на обслуживание и рисками, соответствующий минимуму стоимости жизненного цикла активов.



Стандарты серии ISO 55000 устанавливают риск-ориентированный подход к управлению активами: для решения проблем и принятия решений, связанных с активами, организация должна оценить риски.

снижения производительности) неочевидна, инженеры компании проводят анализ корневых причин, по итогам которого разрабатываются и внедряются мероприятия, корректирующие в том числе существующую систему (стратегию) ТОиР, чтобы не допустить повторения подобных простоев.

В ПАО «ТГК-1» внедрен цифровой комплекс [20] для расчета ИТС, вероятности отказа оборудования, оценки последствий, технического риска отказа оборудования, а также индекса готовности к отопительному сезону. Комплекс является инструментом реализации риск-ориентированной системы управления техническим состоянием оборудования (СУ ТСО) [21], предусмотренной Стратегией развития компании. Эксплуатация СУ ТСО позволяет перераспределять затраты на ТОиР, принимать решения по выбору оптимальной стратегии воздействия на оборудование с учетом рисков.

Заключение

Стандарты серии ISO 55000 устанавливают риск-ориентированный подход к управлению активами: для решения проблем и принятия решений, связанных с активами, организация должна оценить риски.

А оценив риски, организация должна

найти баланс между затратами и рисками с одной стороны и обеспечением требуемой производительности активов — с другой стороны, с учетом потребностей заинтересованных сторон.

Общее представление об управлении активами, сформированное стандартами, признаёт изменчивость указанного баланса и декларирует необходимость его нахождения в разные периоды времени и на всех этапах жизненного цикла актива, в том числе и на этапе эксплуатации.

Эксплуатирующая организация не может полностью полагаться на стратегию эксплуатации и программу обслуживания актива, предоставленную производителем, поскольку проектировщик и производитель актива зачастую управляют исключительно своими рисками. Поэтому эксплуатирующая организация должна самостоятельно управлять рисками, связанными с активами. Хорошая программа обслуживания актива основана на оценке риска, выполненной эксплуатирующей организацией.

Соответственно, управление рисками на этапе эксплуатации предполагает, что вид, объем и частота технических воздействий на активы постоянно оптимизируются. И эта оптимизация основана на фактических результатах эксплуатации и текущей оценке рисков. С тех-

нической точки зрения эту деятельность называют управлением надежностью.

При этом искомая точка баланса зависит от принципов и целей управления активами. Это может быть минимум риска, достигаемый в рамках всеобъемлющего подхода RBM (например, для объектов I и II класса опасности), минимум риска при заданных ресурсных ограничениях (например, для объектов

III класса опасности), минимум стоимости жизненного цикла (например, для объектов IV класса опасности и др.).

Принципы управления активами устанавливаются в документе «Политика управления активами», а цели — в документе «Стратегический план управления активами», разработка которых обязательна в соответствии со стандартами серии ISO 55000. 

Список литературы

1. ГОСТ Р 55.0.01-2014 /ИСО 55000:2014. Управление активами. Национальная система стандартов. Общее представление, принципы и терминология. М.: Стандартиформ, 2015. — 24 с.
2. ГОСТ Р 55.0.02-2014/ИСО 55001:2014. Управление активами. Национальная система стандартов. Системы менеджмента. Требования. М.: Стандартиформ, 2015. — 16 с.
3. ГОСТ Р 55.0.03-2021. Управление активами. Системы менеджмента. Руководство по применению ИСО 55001. М.: Стандартиформ, 2021. — 58 с.
4. ГОСТ Р 55.0.05-2016. Управление активами. Повышение безопасности и надежности активов. Требования. М.: Стандартиформ, 2016. — 10 с.
5. Naarman M., Mulders M., Vassiliadis C. Predictive Maintenance 4.0. Predict the unpredictable/PwC and Mainnovation, June 2017. 32 p.
6. Антоненко И.Н. Семь шагов к эффективному управлению данными о производственных активах // Химагрегаты. — 2022. — №2 (58). — С. 28-32.
7. Process Equipment Reliability Database (PERD) [Электронный ресурс]. URL: <https://www.aiche.org/ccps/resources/process-equipment-reliability-database-perd> (дата обращения 31.03.2023).
8. Dunn S. Is the PF Interval relevant in the world of big data? [Электронный ресурс]. URL: <https://www.assetivity.com.au/articles/reliability-improvement/the-pf-interval-is-it-relevant-in-the-world-of-big-data/> (дата обращения 31.03.2023).
9. Антоненко И.Н. Бережливое техническое обслуживание: основные подходы и методы реализации// Молочная промышленность. — 2021. — № 8. — С. 20-24.
10. Быков Н.Б., Габбасов Б.М. Повышение ресурса узлов и элементов буровых установок и корректировка существующих регламентов ТОиР/ Н.Б. Быков, Б.М. Габбасов// Актуальные проблемы современной науки, техники и образования: материалы 73-й междуна. конф. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск.

гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2015. — Т. 1. — С. 6-10.

11. Myths of Asset Management — OEM Derived Maintenance. [Электронный ресурс]. URL: https://www.amcouncil.com.au/file_download.aspx?docId=2162 (дата обращения 31.03.2023).
12. Khan, F. Risk-based maintenance (RBM): a quantitative approach for maintenance/inspection scheduling and planning / F. Khan, M. Haddara // Journal of Loss Prevention in the Process Industries. — 2003. — Vol. 16. — № 6. — P. 561–573.
13. ГОСТ Р 55234.3-2013 Практические аспекты менеджмента риска. Процедуры проверки и технического обслуживания оборудования на основе риска. М.: Стандартиформ, 2014. — 56 с.
14. Антоненко И.Н. Методика приоритизации объектов обслуживания на основе оценки критичности отказов// В мире неразрушающего контроля. — 2018. — Т. 21, № 3. — С. 68-72.
15. DNO Common Network Asset Indices Methodology. 01 April 2021, Version 2.1. 233 p.
16. Приказ Минэнерго России от 26.07.2017 № 676 «Об утверждении методики оценки технического состояния основного технологического оборудования и линий электропередачи электрических станций и электрических сетей».
17. Антоненко И.Н., Беяков М.И. Об одной надежностной задаче и ее решении в информационной системе//Автоматизация в промышленности. — 2015. — № 8. — С. 18-21.
18. НПП «СпецТек» помог внедрению RCM на Челябинском металлургическом комбинате // Литейщик России. — 2022. — № 5. — С. 43-44.
19. Ремонты — это про деньги // Наш Мечел. — 2022. — №4 (65). — С. 26-31.
20. Цифровой комплекс Расчет ИТС/ ИГОС. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.tgc1.ru/digital-solutions/cifrovoi-kompleks-raschet-itsigos/> (дата обращения 31.03.2023).
21. Баланс расходов и надежности // Энергия Северо-Запада. — 2020. — №6 (201). — С. 2.

Управление рисками на этапе эксплуатации предполагает, что вид, объем и частота технических воздействий на активы постоянно оптимизируется. И эта оптимизация основана на фактических результатах эксплуатации и текущей оценке рисков. С технической точки зрения эту деятельность называют управлением надежностью.