

МЕТОДОЛОГИЯ RCM: РЕТРОСПЕКТИВА И ПЕРСПЕКТИВА НАДЕЖНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

АВТОР:

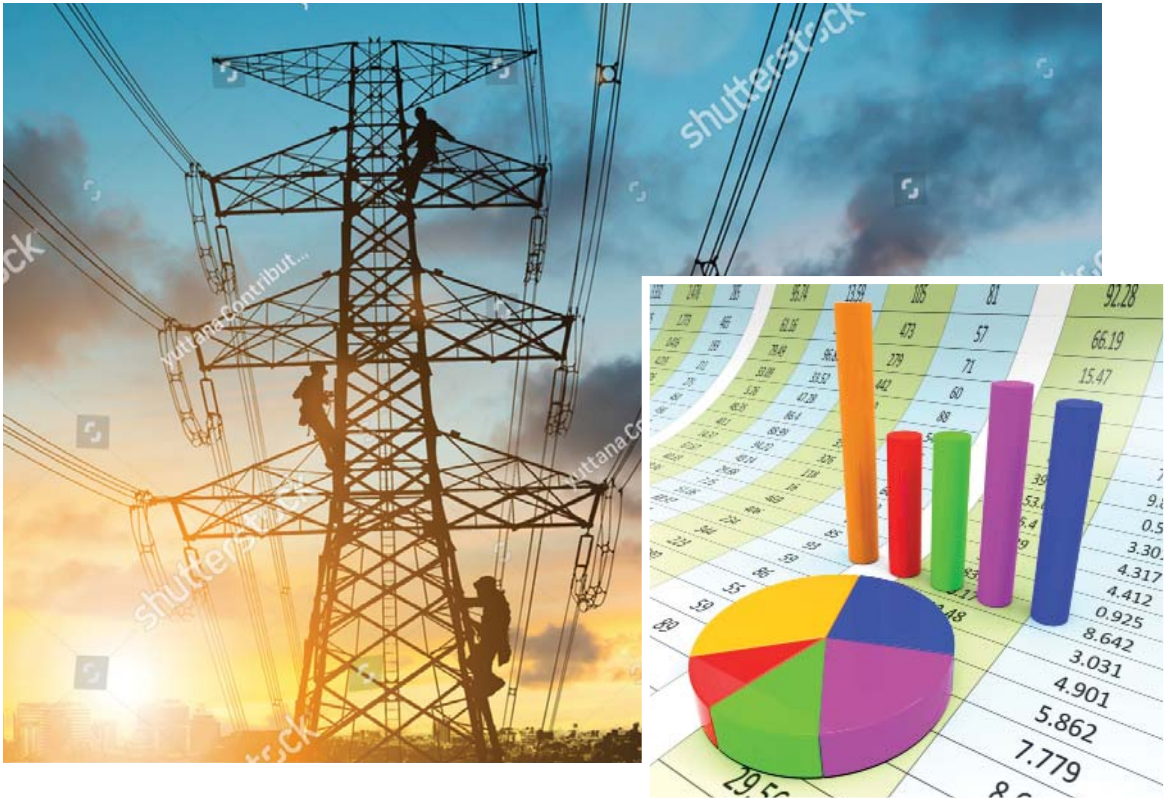
И.Н. АНТОНЕНКО
ООО «НПП «СПЕЦТЕК»

Проблема внедрения на-
дежностно-ориентиро-
ванного обслуживания
(RCM) состоит в том,
что эта задача подразумевает ре-
организацию технических служб,
трансформацию культуры ТОиР,
глубокий реинжиниринг процес-

сов управления активами, раз-
работку современной норматив-
но-методической документации,
создание центров компетенций
по всем типам оборудования, соз-
дание принципиально новой про-
фессии — инженер по надежности
(инженер-надёжник).

Ключевые слова: управление активами; Reliability-Centered Maintenance;
RCM; RCM2; RCM3; надёжностно-ориентированное техническое обслужива-
ние; политика управления отказами.

Современные технологии
организации плановых ремонтов
и технического обслуживания
электрооборудования и сетей
позволяют существенно
повысить эффективность работ



ВВЕДЕНИЕ

Проблема надежности является одной из фундаментальных в технике. Примечательно, что в нашей стране первые публикации по вопросам надежности имели отношение именно к системам энергоснабжения и электротехническому оборудованию [1, 2].

За последние десятилетия в России задача обеспечения надежности в электротехнике стала еще более актуальной. Стратегия развития электросетевого комплекса Российской Федерации (далее — Стратегия) определяет надежность энергоснабжения потребителей в качестве одного из долгосрочных приоритетов и устанавливает показатели для достижения этой цели. Регулирующие органы при установлении тарифов на передачу электроэнергии определяют их целевые значения, за невыполнение которых предусмотрены санкции.

Надёжность (безотказность) электротехнического оборудования обеспечивается его конструкцией и качеством изготовления, научно обоснованной эксплуатацией, правильным и своевременным техническим обслуживанием и ремонтом (ТОиР), качеством и наличием запасных частей, соответствующей квалификацией эксплуатирующего и обслуживающего персонала, наличием соответствующей эксплуатационной и ремонтной документации.

До недавнего времени в электроэнергетике России для обеспечения безотказности оборудования почти безальтернативно применялась система планово-предупредительных ремонтов (ППР) или регламентированное техническое обслуживание по ГОСТ 18322-2016.

В 2003 г. при утверждении Правил организации технического обслуживания и ремонта оборудования,

зданий и сооружений электростанций и сетей произошел частичный отказ от системы ППР в пользу ремонта по состоянию для одного из ключевых звеньев электрической сети — трансформаторов. Однако дальнейших шагов в данном направлении не последовало.

При этом проблемы в электроэнергетике, вызванные глубоким кризисом 1990-х гг., только нарастали, спад производства в электроэнергетике составил 21 %. Уровень инвестиций в отрасль снизился в 5 раз, что привело за 10 лет к росту износа оборудования до 52 %, снижению объемов капитальных ремонтов и их качества. В последующие годы тенденцию роста износа переломить не удалось. На момент разработки Стратегии общий износ распределительных электрических сетей достиг 70%, а износ магистральных электрических сетей составил около 50 %.

Тариф на электрическую энергию в России практически исчерпал потенциал роста и не позволяет финансировать ППР в полном объеме. Более того, даже эти ограниченные средства энергокомпаний вынуждены тратить на регламентированные работы, не оказывающие значительного влияния на безотказность. Возникла тенденция ухода крупнейших промышленных потребителей от централизованного энергоснабжения и создания собственной генерации, поскольку стоимость электроэнергии, получаемой из ЭЭС, приблизилась к стоимости энергоснабжения от собственных генерирующих мощностей, включая стоимость их строительства.

К развитию собственной генерации подталкивает и неудовлетворенность промышленных потребителей характеристиками получаемой из сети электроэнергии. Просадки напряжения, искажения его формы, внеплановые аварийные отклю-

чения нарушают технологический процесс производства и приводят к ухудшению качества продукции, порче сырья и полуфабрикатов, повреждению и отказам дорогостоящего оборудования или сокращению его срока службы. Предприятия несут прямой и косвенный ущерб, которые в ряде случаев достигают сотен миллионов рублей.

Таким образом, система ППР как основа обеспечения безотказности при эксплуатации электротехнического оборудования не соответствует экономическим реалиям в электроэнергетике. В обозримом будущем снизить общий износ до лучших в мире показателей не удастся, а энергокомпании будут вынуждены решать задачу обеспечения безотказности оборудования с высоким износом в условиях ограниченности ресурсов.

В этой связи Стратегией намечен переход к риск-ориентированному управлению производственными активами. В электросетевом комплексе производственными активами являются трансформаторные подстанции, распределительные пункты, линии электропередачи, комплектные распределительные устройства и другое оборудование, обеспечивающее транспорт электроэнергии. В генерации это турбины, котлы, генераторы, трансформаторы и другое оборудование.

Риск-ориентированный подход состоит в выборе целевого воздействия на производственные активы на основе оценки риска их отказа с учетом прогнозируемых последствий отказа и их значимости для достижения установленных показателей эффективности. Оценка риска отказа, в свою очередь, предполагает определение вероятности отказа на основе данных о техническом состоянии оборудования. Такой подход предполагает широкое применение ремонта по состоянию вме-

сто ППР. Он позволяет высвободить ресурсы, которые раньше тратились на ППР оборудования с низким риском отказа, и направить их на оборудование, ремонт или замена которого крайне необходимы на основании оценки технического состояния, т.е. сконцентрировать ограниченные ресурсы в точке максимальной отдачи исходя из соображений надежности.

Таким образом, концептуальное изменение подхода состоит в том, что вместо жестко регламентированного ППР перед энергокомпанией стоит задача рационального выбора вида организации ремонта с учетом профиля рисков. Это изменение закреплено в новых Правилах организации технического обслуживания и ремонта объектов электроэнергетики, утвержденных приказом Минэнерго РФ от 25.10.2017 № 1013 и вступивших в силу в конце сентября 2018 г. (далее — Правила).

Действительно, в Правилах указано (п. 4 и 5), что субъектами электроэнергетики должен осуществляться выбор вида организации ремонта из двух возможных:

- 1. планово-предупредительный ремонт;
- 2. ремонт по техническому состоянию.

Совместное применение Правил и Методики оценки технического состояния основного технологического оборудования и линий электропередачи электрических станций и электрических сетей, утвержденной приказом Минэнерго РФ от 26.07.2017 № 676, позволяет реализовать риск-ориентированный подход к управлению активами в рамках «ремонта по техническому состоянию».

Однако нельзя не отметить, что методология выбора, нашедшая от-

ражение в Правилах, недостаточно проработана, например:

- не определен риск-ориентированный подход к выбору между двумя вышеуказанными видами организации ремонта;
- в перечне возможных видов организации ремонта и вариантов выбора отсутствует «ремонт по отказу», а он должен рассматриваться как возможный по отношению к активам, отказ которых не влечет за собой значимых рисков;
- для выбора ремонта по техническому состоянию установлены только критерии осуществимости (п. 11, 12, 14), но нет критериев целесообразности (эффективности) его применения;
- не определен риск-ориентированный подход к определению объема и периодичности работ в рамках планово-предупредительного ре-

КОМПЛЕКСНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИТИК УПРАВЛЕНИЯ ОТКАЗАМИ ПРИ RCM



Рис. 1

монта — например, регулярный и общий осмотр без учета рисков может быть причиной неоправданных затрат.

Примером методологии выбора целевого воздействия на производственные активы, лишенной указанных выше недостатков и проверенной на практике сотнями организаций по всему миру, является RCM (Reliability-Centered Maintenance).

В 2018 г. исполнилось 40 лет с тех пор, как Стэнли Ноулан и Говард Хип в своем основополагающем исследовании [3] представили методологию RCM. Их основная и достаточно революционная на тот момент идея состояла в том, что правила обслуживания оборудования должны определяться последствиями отказа, а не только природой и параметрами самого отказа. Аналогичную идею мы находим в отечественных публикациях того времени [4].

В ГОСТе Р 27.606-2013 [5] дан русскоязычный аналог RCM — надежность-ориентированное техническое обслуживание (НОТО). Согласно стандарту, RCM представляет собой методологию выбора политик управления отказами и формирования из них программы работ, сочетающей действия по техническому обслуживанию и разовые изменения (изменения правил эксплуатации, конструктивные изменения, обучение персонала) и отвечающей профилю рисков, связанных с отказами (рис. 1). Как видим, выбор политик управления отказами шире по смыслу, чем выбор вида организации ремонта.

Методология RCM, несмотря на весьма длительное применение, остается покрытой завесой сложности, возникают и трудности с ее пониманием. В этой связи будет полезно рассмотреть историю становления данной методологии

и определить перспективы ее развития.

MSG-1 И MSG-2 — ПРЕДШЕСТВЕННИКИ RCM

Истоки RCM следует искать во второй половине XX в. в практике проектирования, производства и эксплуатации воздушных судов. Тогда считалось, что вероятность отказа всегда увеличивается с возрастом, и для каждого элемента существует значение наработки, по достижении которого следует ремонт или замена. Необходимо только правильно определить это значение, а если надежность не достаточна, ремонтировать нужно чаще.

В итоге программы обслуживания разрастались, увеличивались и затраты, но это не сопровождалось ростом надежности. Многие отказы невозможно было предотвратить «правильными» ремонтами, как бы часто они ни выполнялись. Доступность флота снизилась из-за перегруженности обслуживанием. Авиакомпании заинтересовались оптимизацией программ обслуживания для снижения издержек при обеспечении безопасности.

В 1965 г. была разработана методика принятия решений при формировании программы обслуживания, а в 1968 г. она нашла отражение в документе «Справочник: оценка и разработка программ обслуживания», более известном как MSG-1. Ее последующее улучшение привело в 1970 г. к созданию MSG-2.

MSG-1 и MSG-2 были предназначены для разработки первоначальных программ обслуживания самолетов и нацелены на исключение избыточного обслуживания без снижения безопасности и летной годности.

- Разнообразие конфигураций;
- ровная столешница по всей длине пульта;
- надежный стальной каркас;
- встроенные кабельные каналы для сигнальных и электрических проводов;
- лючки доступа к верхнему кабельному каналу;
- тыловой и фронтальный доступ к оборудованию;
- естественный и принудительный воздухообмен для установленного оборудования;
- модульная система энергоснабжения.



- Мягкий кант для защиты рук диспетчера во всех комплектациях;
- соответствие требованиям эргономики;
- износостойкая HPL-столешница с антистатическим покрытием;
- только качественные и профессиональные материалы;
- производство РФ.



Удобство. Надежность. Стиль.

Каждый диспетчерский пульт «АТЛАНТ» изготавливается по индивидуальному проекту. Перед отправкой к клиенту осуществляется полная предварительная сборка диспетчерского пульта, что гарантирует высокое качество поставляемого изделия.

Pult-atlant.ru
Pultatlant.ru
sales@pult-atlant.ru
+7 495 956 21 14

УПРОЩЕННАЯ ДИАГРАММА ПРИНЯТИЯ
РЕШЕНИЙ, СОГЛАСНО MSG-2

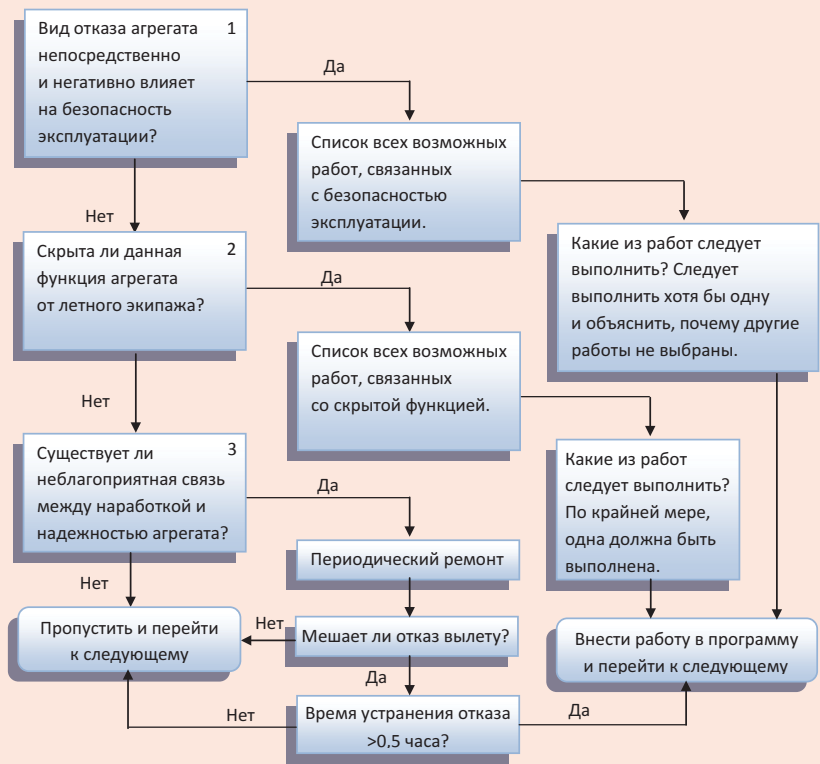


Рис. 2

Они не предполагали использование данных, накапливаемых по ходу эксплуатации.

Логика MSG-1 и MSG-2 построена по принципу «снизу вверх». При разработке программ обслуживания рассматривали каждый заменяемый агрегат на нижнем уровне устройства самолета, перебирали возможные работы по обслуживанию этого агрегата и определяли, какая из них должна быть выполнена для обеспечения безопасности или для работоспособности скрытой функции, отказ которой неочевиден (как правило, это функция защиты — сигнализация, блокировка). Оставшиеся

работы оценивались на предмет их целесообразности с точки зрения предотвращения экономических последствий отказа. При этом логика «снизу вверх» не позволяла полностью исключить избыточное обслуживание.

Упрощенная диаграмма принятия решений, согласно MSG-2 [6], представлена на рис. 2. Вопросы 1, 2 и 3 на этой диаграмме применяются, соответственно, к каждому виду отказа агрегата, к каждой функции агрегата и к агрегату в целом.

Работы в MSG-1 и MSG-2 сводились к трем возможным — регламентированное обслуживание, обслу-

живание по состоянию, проверка состояния.

Самым важным новшеством MSG-1 и MSG-2 стало введение обслуживания по состоянию. Воздушному судну было разрешено пройти проверку состояния и отложить ремонт до следующей проверки. Это позволило уменьшить количество нерелевантных ремонтов, сократить необходимые запасы запчастей за счет продления срока эксплуатации агрегатов, находившихся в удовлетворительном состоянии, и повысить надежность за счет сокращения эффекта «детской смертности».

В MSG-1 и MSG-2 не учитывались должным образом скрытые отказы, не определялись интервалы между работами, работы не группировались в пакеты, не было правила принятия решений в случаях, когда элемент новый и по нему отсутствует необходимая информация. Оставалась нерешенной проблема балансировки затрат и безотказности. Отказы с экономическими последствиями не различались по критичности. Не были рассмотрены критерии эффективности стратегий обслуживания. Анализ в рамках MSG-1 и MSG-2 не был достаточно строгим и не давал надежных результатов.

РАЗРАБОТКА RCM

Недостатки MSG-2 определили потребность в изменениях. В 1974 г. Министерство обороны США выступило заказчиком работ в United Airlines по данной проблеме. За эту работу взялись сотрудники United Airlines Стенли Ноулан и Говард Хип, которые выпустили свой отчет в 1978 г. [3] и назвали его Reliability-Centered Maintenance.

Авторы отчета проанализировали большой объем данных в United

Airlines и установили следующее. Вероятность отказа увеличивается при наработке часов только у 11 % элементов — в основном это простые элементы (кривые A, B и C). Отказы остальных 89 % элементов (кривые D, E, F) не подчиняются модели износа, интенсивность их отказов при наработке часов не увеличивается (рис. 3). Следовательно, политика профилактического обслуживания, основанная на некотором сроке эксплуатации, будет иметь небольшое влияние на интенсивность отказов.

Поскольку универсальность профилактики была опровергнута, потребовалась методология определения адекватных политик управления отказами и формирования программ обслуживания. Она получила также название Reliability-Centered Maintenance, или RCM.

ВАРИАНТЫ МОДЕЛЕЙ
ИНТЕНСИВНОСТИ
ОТКАЗОВ

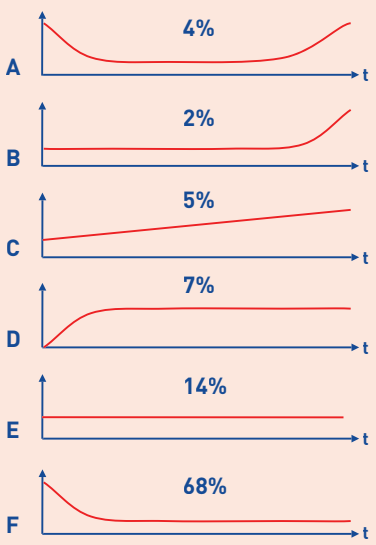


Рис. 3

Ноулан и Хип сформулировали следующие шесть этапов RCM:

1. разбиение оборудования по категориям для сокращения объема анализа до разумных и управляемых размеров;
2. выявление значимых элементов, отказ которых будет влиять на безопасность или иметь серьезные экономические последствия на уровне всего оборудования, или элементов, имеющих скрытые функции, независимо от их значимости;
3. определение требований к техническому обслуживанию каждого значимого или имеющего скрытую функцию элемента, исходя из последствий отказа, и выбор соответствующих предупредительных работ;
4. выявление элементов, для которых нет технически осуществимой и целесообразной предупредительной работы, и выработка рекомендаций по изменению конструкции, если речь идет о безопасности, либо назначение этим элементам задач планового обслуживания до получения дополнительной информации;
5. выбор консервативных начальных интервалов для каждой из работ и группировка работ с одинаковой периодичностью в пакеты обслуживания для минимизации количества остановок на ремонт;
6. исследование технического состояния оборудования по ходу его эксплуатации для получения информации, необходимой для пересмотра первоначальных решений.

Методика RCM также использует диаграмму принятия решений, однако она значительно отличается от той, которая используется в MSG-2 (рис. 4).

Ключевые отличия RCM от MSG-1 и MSG-2 таковы:

- логика RCM построена по принципу «сверху — вниз», когда элементы для анализа изначально выбираются на уровне систем;
- логика RCM начинается с функциональных отказов систем и ведет к их первопричине на нижнем уровне, т.е. RCM концентрируется на сохранении функций систем вместо предотвращения отказов;
- RCM предполагает определение требований к политике управления каждым отказом вместо выбора работ из перечня возможных;
- введены критерии осуществимости и целесообразности (эффективности) работ, первый из которых определяется характеристиками отказа и оборудования, второй — способностью конкретной работы предупредить отказы, а при экономических последствиях еще и соотношением затрат на работу и цены предупреждаемых последствий;
- в RCM установлена определенная иерархия политик управления отказами, работы по состоянию имеют наивысший приоритет;
- RCM — это программа надежности, а не сокращения затрат, в ней не скрыта цель уменьшить или увеличить объем работ, поэтому результаты RCM объективны.

В RCM принят следующий перечень политик управления отказами с учетом иерархии:

1. работы по состоянию, включая плановые проверки состояния;
2. плановое восстановление;
3. плановая замена;
4. плановый поиск отказов;
5. реконструкция,

где политики 2 и 3 составляют регламентированное обслуживание, а плановое восстановление

включает все виды работ, в результате которых восстанавливается ресурс.

Важными новшествами стали понятия функции, функционального отказа и стандарта производительности, определение функционального отказа как несоответствия стандарту производительности. Было введено понятие потенциального отказа как идентифицируемого физического состояния, которое указывает неизбежность функционального отказа.

Экономические последствия отказа разделены на производственные и непроизводственные. Первые включают косвенные экономические потери (остановка производства, недовыпуск продукции, снижение качества), а также прямые затраты на ремонт. Вторые выражаются только в прямых затратах на ремонт.

Таким образом, С. Ноулан и Г. Хип разработали хорошо структурированный логический процесс принятия решений для определения политик управления отказами в заданных условиях эксплуатации. Однако их труд, начиная с терминологии и заканчивая примерами, ограничен спецификой и потребностями авиации. Недостатки RCM были учтены при разработке RCM2, о чем будет сказано далее.

Под влиянием RCM в 1980 г. появился MSG-3, предназначенный для разработки начальных программ обслуживания пассажирских самолетов. Он позаимствовал из RCM логику анализа «сверху — вниз» и фокусировку на последствия отказа. В то же время, диаграмма принятия решений в MSG-3 сильно отличается от таковой в RCM. Если RCM рекомендует в иерархии политик управления отказами выбирать первую подходящую, то MSG-3

не выстраивает иерархии и рекомендует каждый раз рассматривать все варианты.

Примерно в это же время стратегия регламентированного обслуживания, основанная на модели износа, была подвергнута критике в СССР [7]. Поскольку большинство отказов в межремонтный период носят внезапный характер, последовал вывод: гарантией безопасности полета является резервирование агрегатов. Была разработана концепция «Проектирование с позиции надежности», включающая программу обеспечения надежности (ПОН) в течение всего жизненного цикла самолета. Одной из первых была разработана ПОН для Ил-86.

Важным элементом концепции стал принцип «безопасного разрушения или отказа» резервированного элемента. Он позволил эксплуатировать множество агрегатов до отказа (так

УПРОЩЕННАЯ ДИАГРАММА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ RCM2

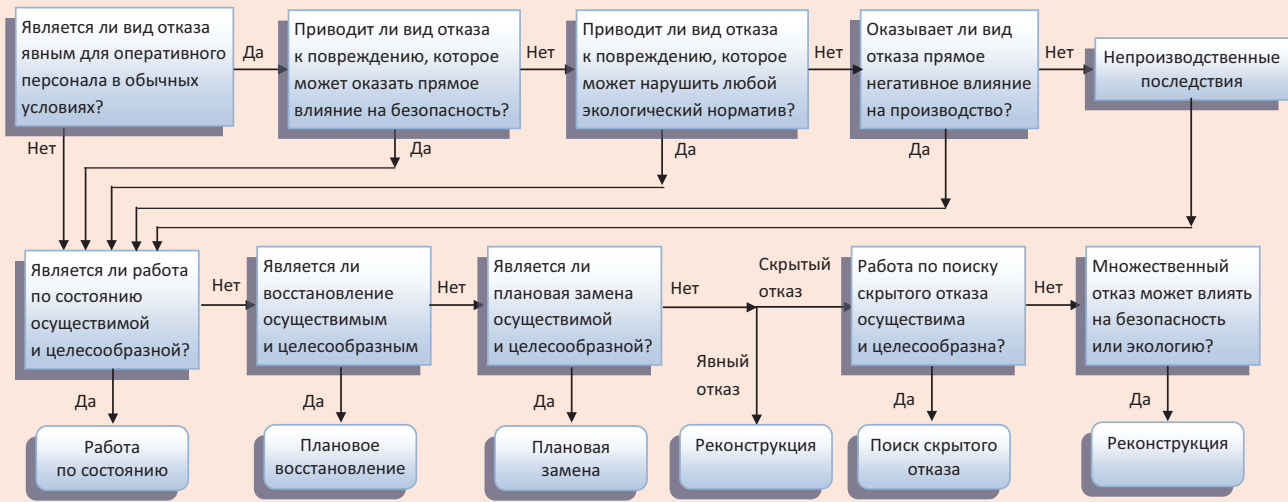


Рис. 5

называемая стратегия по контролю надежности) и тем самым снизить трудоемкость обслуживания, повысить интенсивность эксплуатации. Для реализации указанного принципа, а также выбора стратегии обслуживания для других отказов (по состоянию или профилактика) проводился анализ видов и последствий отказа (АВПО). Использовался и соответствующий понятийный аппарат — функциональный отказ, вид функционального отказа, последствия функционального отказа и т.д.

ВЕРСИЯ RCM2 И ПЕРВЫЕ НАЦИОНАЛЬНЫЕ СТАНДАРТЫ

Несмотря на авиационные корни RCM, многих заинтересовало ее применение в других отраслях. В их числе был Джон Маубрей с коллега-

ми. Эта группа приступила к работе в начале 1980-х гг. в ЮАР, где RCM была применена на угольных и алмазных шахтах. Впоследствии группа вела проекты и в обрабатывающих отраслях в других странах.

С 1983 по 1990 г. группа Дж. Маубрея применяла почти неизменную версию RCM С. Ноулана и Г. Хипа. В этот период большое значение стали придавать влиянию производства на окружающую среду. В исходной же версии RCM экологические последствия отказов рассматривались в контексте безопасности. Это означало, что многие экологические последствия упускались из виду, если они не представляли собой прямой угрозы безопасности.

Поэтому в 1988 г. Дж. Маубрей совместно с несколькими многонациональными организациями начал разработку более точного подхода к отказам, которые угрожали окружающей среде. Итогом этой работы к середине 1990-х гг. стала

следующая версия RCM, известная как RCM2 [8]. Сегодня, когда говорят об RCM, имеют в виду именно RCM2.

Главной заслугой Дж. Маубрея стала адаптация RCM для применения в промышленности. Основные новации RCM2 состоят в следующем:

- уточнены способы определения функций активов;
- экологические последствия отказов подлежат анализу;
- работа по поиску скрытых отказов стала оцениваться на осуществимость и целесообразность;
- подлежат анализу последствия множественных отказов;
- уточнены правила выбора политики управления отказами и интервалов между работами;
- изменена диаграмма принятия решений (рис. 5).

Перечень категорий последствий отказов в RCM2 дополнен экологическими последствиями и имеет следующий вид:

УПРОЩЕННАЯ ДИАГРАММА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ RCM

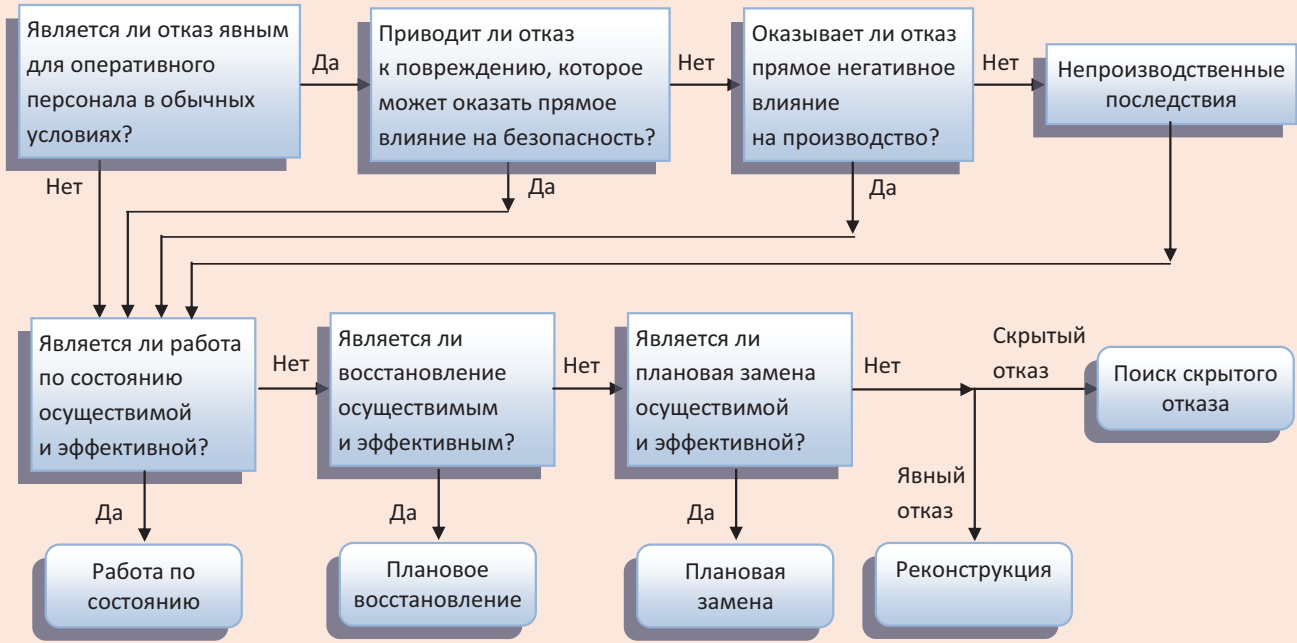


Рис. 4

СЕМЬ ШАГОВ RCM2



Рис. 6

- последствия, влияющие на безопасность;
- последствия, влияющие на экологию;
- производственные последствия;
- непроизводственные последствия.

Согласно определению, RCM2 – это процесс определения того, что должно быть сделано с активом для сохранения его функций, ожидаемых

от него в данных условиях эксплуатации, при минимизации или недопущении последствий отказов. Процесс RCM2 состоит из семи шагов, каждый из которых заключается в получении ответа на соответствующий вопрос. Последовательность шагов представлена на рис. 6.

В этот же период большое количество проектов, использовавших название RCM, имели с ней мало

общего. Свою роль сыграл и тот факт, что в течение 1990-х гг. количество публикаций и конференций, посвященных техническому обслуживанию, увеличилось. Оказалось, что очень разным процессам присваивается одно и то же имя — RCM.

Все это вызвало определенную девальвацию RCM. Возникла острая потребность в общепринятом стандарте на RCM-процесс. В 1999 г. Общество автомобильных инженеров США (Society of Automotive Engineers, SAE) выпустило универсальный стандарт SAE JA 1011, а в 2002 г. — стандарт SAE JA 1012. В их основу легла версия RCM2 с некоторыми терминологическими отличиями. Например, вместо термина «реконструкция» (redesign) в стандартах используется термин «разовые изменения» (one-time change), в содержание которого входят конструктивные изменения, изменения правил или условий эксплуатации, изменения правил обслуживания, обучение персонала. В настоящее время действуют новые версии этих стандартов [9, 10]. Отечественный стандарт [11] построен на основе SAE JA 1011.

Особенность SAE JA 1011 состоит в том, что он устанавливает лишь критерии, с которыми следует сравнивать процесс, а не описывает процесс полностью. Если процесс соответствует критериям, то его можно назвать RCM-процессом, а если не соответствует, то термин RCM не должен применяться к этому процессу.

Международная электротехническая комиссия в 1999 г. выпустила стандарт IEC 60300-3-11 на RCM-процесс. В настоящее время действует его новая версия [12]. В основу этого документа положены принципы MSG-3, но в отличие от MSG-3 введены в рассмотрение экологические последствия отказа. По сравнению с SAE JA 1011

процесс принятия решений в IEC 60300-3-11 представляется менее строгим. Разработан и отечественный стандарт [5], соответствующий IEC 60300-3-11.

RCM3 И СТАНДАРТЫ УПРАВЛЕНИЯ АКТИВАМИ

В 1986 г. Джон Маубрей основал компанию Aladon и создал сеть профессионалов в сфере надежности Aladon Network [13].

В апреле 2015 г. Aladon выпустила версию RCM3, которую представила в книге [14]. Создание RCM3 стало ответом на критику, которая указывала на субъективный подход RCM2 к рискам и на ее плохую работу при рассмотрении отказов защищаемых функций.

Хрестоматийным стал пример с основным и резервным насосом. Критики заявили, что, согласно RCM2, отказ основного насоса не критичен, поскольку в этом случае защитное устройство (резервный насос) возьмет его функцию на себя. Тем самым процесс RCM2 ведет группу обзора к тому, что она надеется на резервный насос и выбирает политику корректирующего обслуживания (ремонт по отказу) для основного насоса. А это значит, что риск резко возрастает во время ремонта основного насоса, так как в данное время резервный насос работает без резервирования. Риск оказывается недопустимым в ядерной, химической и других отраслях, где тяжесть последствий множественного отказа очень велика.

В этой связи в RCM3 принята новая логика принятия решений, основанная на оценке рисков, причем подход RCM3 к управлению рисками основан на стандартах ISO

31000 и ISO 55000. Процесс RCM3 требует количественной оценки риска для принятых решений и даже вопросы в рамках RCM3 ставятся иначе. Если в RCM2 ставится вопрос о том, может ли данный вид отказа привести к неприемлемым последствиям, то в RCM3 ставится вопрос о том, может ли данный вид отказа привести к неприемлемому риску. В рассмотренном примере с отказом основного насоса ответ в рамках RCM2 — нет, в рамках RCM3 — да.

Понятие RCM в этих двух версиях также отличается: RCM3 — это процесс определения того, что необходимо сделать с активом для сохранения его функций, ожидаемых от него в данных условиях эксплуатации, при снижении рисков до приемлемого уровня. В этой связи Aladon называет RCM3 риск-ориентированным RCM (Risk-based RCM).

В рассмотренном выше примере RCM3 рекомендует выбирать активные предупредительные политики именно для основного насоса, смещая внимание на сохранение его функций. Это уменьшает вероятность того, что резервный насос возьмет на себя функции основного, и снижает риск. После определения политик управления отказами в RCM3 фиксируется рассмотренный риск. Если он все же неприемлем, то производится выбор подходящей политики управления отказами резервного насоса. Это могут быть функциональные проверки, работы по поиску отказа. Если и это не приведет к приемлемому риску, то обязательной является реконструкция.

Концептуально RCM3 вписывает RCM в корпоративную политику управления рисками и обеспечивает согласованность RCM с управлением физическими активами в соответствии со стандартами ISO 55000.

Согласованность является одним принципов управления активами. Его суть состоит в том, что цели, планы, технические и финансовые решения, действия с активами должны быть согласованы, несмотря на то, что в управлении активами

ИЗ ГОСТ Р 27.606-2013. НАДЕЖНОСТЬ В ТЕХНИКЕ. УПРАВЛЕНИЕ НАДЕЖНОСТЬЮ. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ, ОРИЕНТИРОВАННОЕ НА БЕЗОТКАЗНОСТЬ

3. Термины, определения и сокращения

3.1.1 встроенный контроль: Приданная изделию способность автоматически выявлять и локализовывать неисправности.

3.1.2 средства встроенного контроля: Аппаратные и/или программные средства, обеспечивающие встроенный контроль.

3.1.5 глубина проверки: Установленный уровень, на котором должны выявляться неисправные составные части.

3.1.6 конструктивный уровень: Уровень структуры декомпозиции изделия, на котором находится тот или иной его элемент (составная часть).

3.1.7 точность диагностирования: Доля возможных неисправностей, которые могут быть точно выявлены в данных условиях.

3.1.8 техническое диагностирование: Процесс определения технического состояния объекта диагностирования с определенной точностью.

участвуют специалисты разного профиля, со своими интересами, понятийным аппаратом и взглядами на управление. Первым шагом RCM3 становится описание контек-

ста эксплуатации, который является частью контекста организации в системе управления активами, и все последующие решения на нем основываются.

ВОСЕМЬ ШАГОВ RCM3

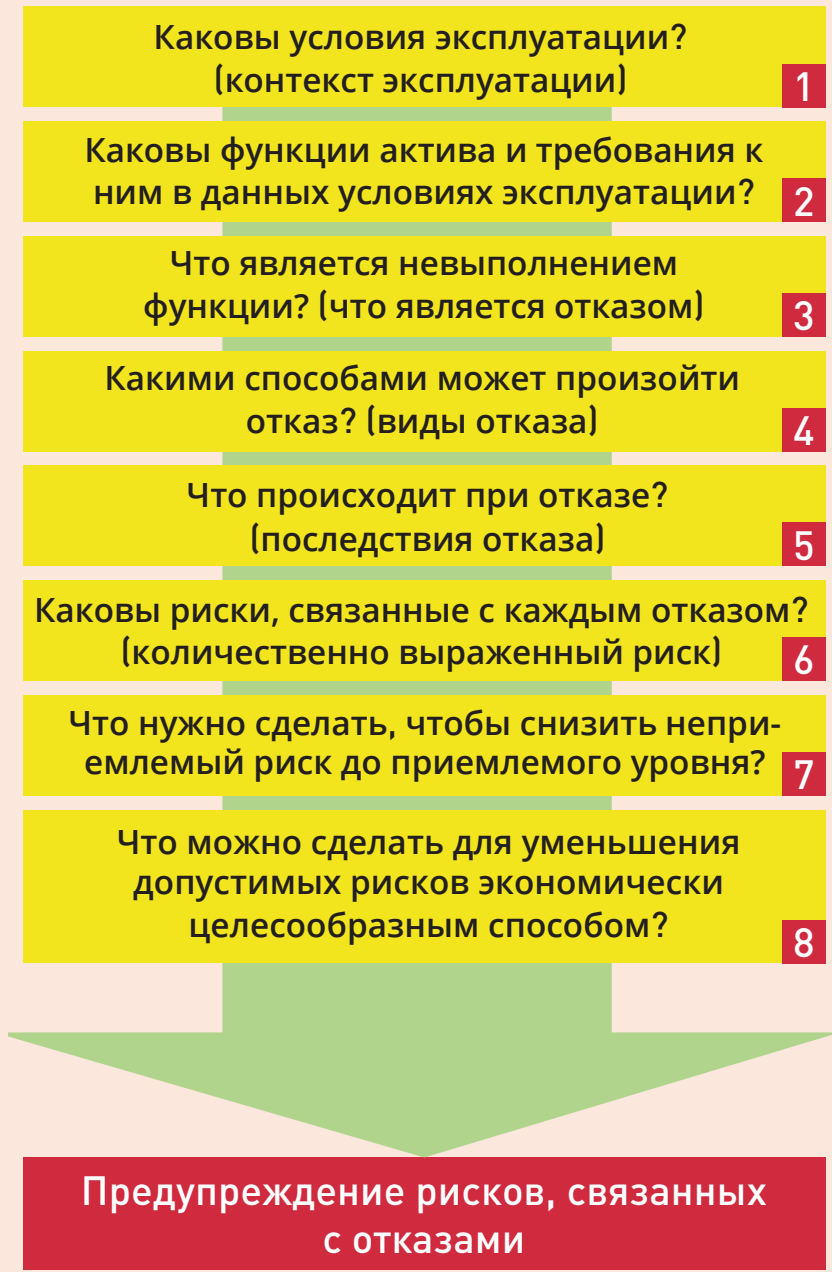


Рис. 7

Другие новации, которые отличают RCM3 от RCM2, таковы:

- анализ дефектов введен в рассмотрение, предупреждение и устранение дефектов рассматриваются как политика проактивного управления отказами;
- вид отказа определен не только как событие, вызывающее функциональный отказ, но и как механизм, вызывающий состояние отказа, что делает удобной интеграцию с RBI (Risk-Based Inspection);
- влияние отказа разделено на три уровня — локальное, последующего уровня и конечное, что позволяет определять различия между тем, что видит оператор, обслуживающий персонал, и тем, что видно руководству;
- если RCM2 рассматривает «скрытый отказ» и не разделяет его последствия на категории, из-за чего эксперты могут относиться ко всем скрытым отказам одинаково, то RCM3 оперирует понятием «скрытые последствия» и разделяет скрытые последствия на две категории — влияющие на безопасность и окружающую среду и влияющие на производство;
- критерий целесообразности работы сформулирован как способность работы снизить риск, определенный количественно;
- RCM3 не только соответствует стандартам SAE JA 1011/1012, но и выходит за их пределы, включая в себя требования стандартов ISO 31000 и ISO 55000.

Процесс RCM3 имеет не семь, как RCM2, а **восемь** шагов (рис. 7). Тем не менее Aladon признает, что RCM3 не заменяет RCM2, а основывается на последней и рекомендуется к применению в отраслях с высокими рисками. При этом RCM2 по-прежнему является наиболее используемой методологией RCM.

ПЕРСПЕКТИВЫ
РАЗВИТИЯ RCM

Помимо рассмотренных выше версий RCM существуют и другие «ветви» развития этой методологии, например, версия Нила Блума [15], одним из ключевых моментов которой является концепция потенциально критичных компонентов. Версия RCM-R [16] делает акцент на целостности и качестве данных об активах, классифицирует виды и причины отказа в соответствии с ISO 14224, вводит оценку рисков в соответствии с ISO 31000.

Тем не менее существует главное направление развития — это, на наш взгляд, дальнейшая интеграция со стандартами ISO 55000 и управлени-

ем физическими активами. Процесс RCM должен быть «вписан» в более широкий контекст, в котором обслуживание осуществляется в рамках инженерно-экономической модели управления активами (рис. 8), аналогичной модели RIAM [17]. Если сейчас в RCM принимаемые решения нацелены на сохранение функций актива, то в перспективе приоритеты изменятся.

Горизонт принятия решений должен стать равен длительности жизненного цикла актива. Сами решения должны приниматься с учетом прогнозируемой рентабельности актива, которая, в свою очередь, предполагает прогноз производительности и спроса на продукцию, оценку планируемых доходов и затрат, связанных с поддержанием функций

актива и минимизацией рисков. В этом контексте высшим приоритетом RCM станет не сохранение функций активов, а максимизация ценности (value, согласно ISO 55001), получаемой организацией от своих физических активов.

Принятые таким образом решения должны анализироваться и при необходимости пересматриваться с привлечением оценки стоимости жизненного цикла (LCC). Это требует интеграции со стандартами жизненного цикла IEC 60300-3-3 (2004) и другими стандартами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Согласно результатам исследования Aberdeen Group [18] по вы-

ИНЖЕНЕРНО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ АКТИВАМИ

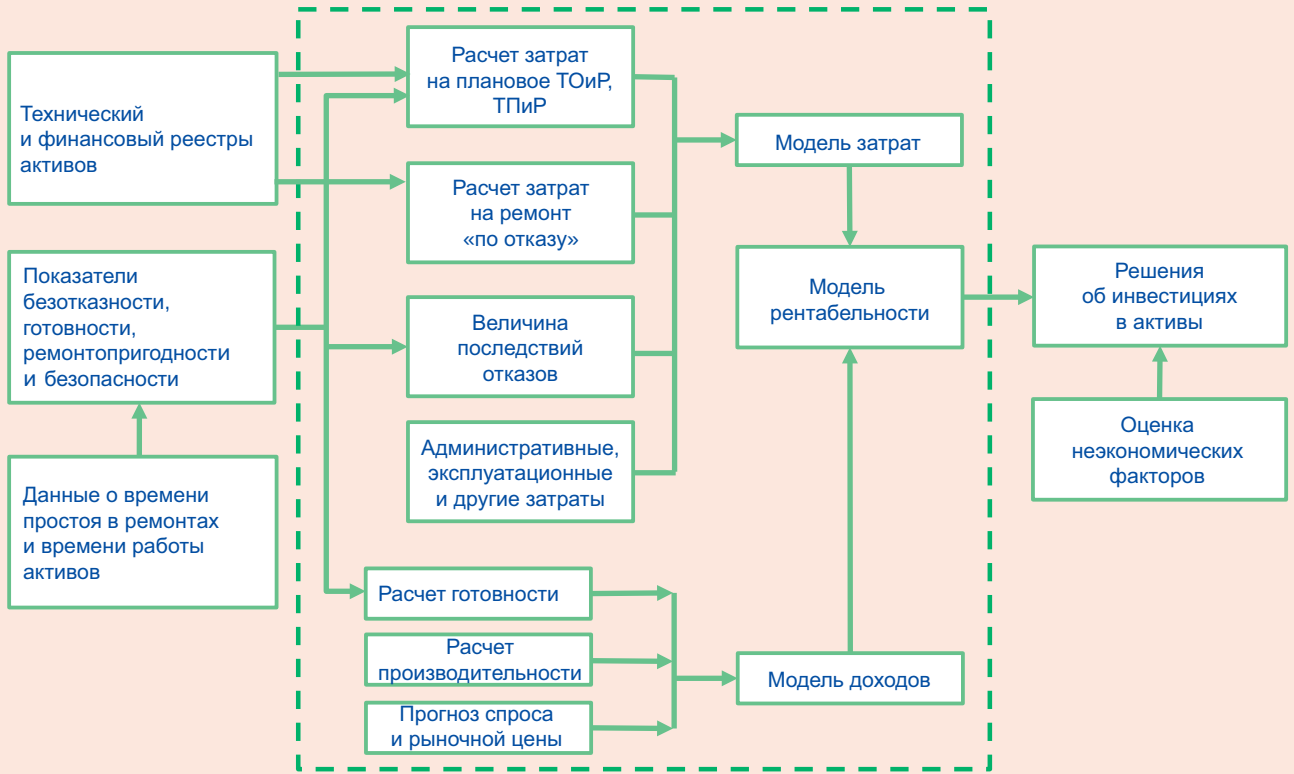


Рис. 8

борке из 173 компаний, 60% из них разработали документированные процедуры обслуживания каждого актива, основанные на RCM и критичности оборудования. При этом 50% предприятий создали команды непрерывного улучшения в рамках реализации RCM. Лучшие в своем классе компании на 89 % чаще используют RCM в своей программе ТОиР.

В России методология RCM находит применение в различных отраслях, в том числе в энергетике. В качестве примера можно привести применение RCM в тепловых сетях ПАО «Т Плюс» [19], в ОАО «РусГидро» и ПАО «ЭС Востока» [20]. Внедрение RCM предполагалось мероприятиями инновационного развития ОАО «МОЭСК» [21].

Сложность внедрения RCM состоит в том, что эта задача предусматривает реорганизацию технических служб, трансформацию культуры ТОиР, глубокий реинжиниринг и стандартизацию процессов управления активами, разработку нормативно-методических документов, создание центров компетенций по видам оборудования, введение новых профессий, таких как инженер по надежности (инженер-надёжник). Весьма важным является организационное обеспечение взаимодействия и координации различных служб, занятых в процессах технического обслуживания и ремонта (ТОиР), поскольку такое взаимодействие значительно усложняется. На крупных предприятиях все эти изменения могут длиться не один год.

Не обойтись и без информационной поддержки, т.е. внедрения информационной системы управления производственными активами. Принятие решений при RCM, как уже было сказано, предполагает наличие информации об активах

или накопление этой информации в процессе эксплуатации. Создание такой системы — это особая задача [22], требующая комплексной компетенции в области управления активами, разработки и внедрения программного обеспечения класса EAM (Enterprise Asset Management).

Наконец, основа основ — компетентность персонала в области управления активами, включая знания методологии RCM. Невозможно одновременно решить все проблемы по формированию системных знаний и компенсировать все пробелы. Поэтому важно сформировать дорожную карту обучения с ранжированием рассматриваемых тем по их ценности и включить в нее требования к компетенции применительно к конкретным ролям и бизнес-процессам [23]. Программа обучения должна стать частью дорожной карты всего проекта внедрения RCM.

ЛИТЕРАТУРА

1. Якуб Б.М. Показатели и методы расчета надежности в энергетическом хозяйстве // Электричество. 1934. № 18. С. 1–13.
2. Туровер Я.М. Основные вопросы надежности электрических систем // Материалы I-го Всесоюзного совещания по эксплуатации энергоснабжающих систем. Вып. 2 / Под ред. Г.И. Ломова, Ю.Н. Флаксермана и др. М.-Л.: ОНТИ, 1935.
3. Nowlan F. S., Heap H. F. Reliability-centered Maintenance. San Francisco: Dolby Access Press, 1978. 466 p.
4. Нейман В.Г., Шапиро Б.В. Оценка критичности отказов технических устройств // Надежность и контроль качества. 1975. № 10. С. 49–51.
5. ГОСТ Р 27.606-2013. Надежность в технике. Управление надежностью. Техническое обслуживание, ориентированное на безотказность. М.: Стандартинформ, 2014. 34 с.
6. Maintenance control by reliability methods. Department of Transportation, Federal Aviation Administration, 1978. Advisory circular, № 120–17A. 41 с.
7. Проектирование, испытания и производство широкофюзеляжных пассажирских самолетов.

- Т. 1, кн. 1 / Под ред. Г.В. Новожилова и Б.Н. Соколова. М.: Машиностроение. 1980. 247 с.
8. Moubray J. Reliability-centered Maintenance. Second ed. NY: Industrial Press Inc., 1997. 426 p.
9. SAE JA 1011:2009. Evaluation Criteria for Reliability-Centered Maintenance (RCM) Processes.
10. SAE JA 1012:2011. A Guide to the Reliability-Centered Maintenance (RCM) Standard.
11. ГОСТ Р 55.0.05-2016. Управление активами. Повышение безопасности и надежности активов. Требования. М.: Стандартинформ, 2016. 10 с.
12. IEC 60300-3-11:2009. Dependability Management. Part 3-11: Application guide — Reliability centered maintenance.
13. The Aladon Network [интернет-ресурс].
14. Marius Basson, Aladon. RCM3: Risk-Based Reliability Centered Maintenance. Third ed. NY: Industrial Press, Inc., 2018. 500 p.
15. Neil B. Bloom. Reliability Centered Maintenance: Implementation Made Simple. NY: McGraw-Hill, 2005. 291 p.
16. Sifonte J. R., Reyes-Picknell J. V. Reliability Centered Maintenance — Reengineered: Practical Optimization of the RCM Process with RCM-R. CRC Press, 2017. 349 p.
17. Risk-Informed Asset Management (RIAM): Method, Process, and Business Requirements. EPRI, Palo Alto, CA: 2005.
18. Cline G. Asset performance Management: blazing a better path to operational excellence // Aberdeen Group Rep. November 2017. 11 p.
19. Диагностика на страже безопасности // Энергетика и промышленность России. 2017. № 15–16 (323–324). С. 12.
20. Годовой отчет ПАО «РусГидро» за 2011 год. М.: 2011. 122 с.
21. Программа инновационного развития ОАО «МРСК Холдинг» до 2016 года. М.: 2012. 339 с.
22. Кац Б.А., Молчанов А.Ю. Управление производственными активами с помощью современных информационных технологий // Автоматизация в промышленности. 2014. № 8. С. 39–45.
23. СпецТек приглашает на семинары по управлению активами. (Интернет-ресурс) Trim.ru: корпоративный сайт НПП СпецТек. URL: <http://trim.ru/seminari> (дата обращения 23.12.2018).

БМРЗ-150

Оптимальное решение для распределительных сетей

Общие сведения

Устройства серии БМРЗ-150 предназначены для выполнения функций релейной защиты и автоматики различных присоединений напряжением 6-35 кВ и относятся к семейству компактных устройств БМРЗ, которые могут быть установлены в местах с ограниченным пространством.

Устройства обладают высокой надежностью, имеют обширные функциональные возможности, высокотехнологичные программные и аппаратные средства. Это позволяет устройствам серии БМРЗ-150 эффективно реализовать самые сложные решения с максимальной гибкостью и удобством.

Единое для всех устройств НТЦ «Механотроника» программное обеспечение «Конфигуратор-МТ» имеет графический редактор логики, библиотеку функций, пусковых органов и логических элементов, что позволяет адаптировать блок к различным решениям на объекте.



Единое ПО для устройств
НТЦ «Механотроника»
с графическим редактором
гибкой логики



Сертификат соответствия International
Users Group IEC 61850 Edition 2

ООО «НТЦ «Механотроника» более 28 лет разрабатывает и производит интеллектуальные устройства релейной защиты и автоматики. Развиваясь и совершенствуясь, предприятие наращивает выпуск существующих устройств и решений и создает новые, превосходящие по своим параметрам продукцию мирового уровня.



МЕХАНОТРОНИКА
Интеллектуальные устройства релейной защиты

198206, Санкт-Петербург, ул. Пионерстроя, д. 23, лит. А
Единый телефон тех. поддержки: 8 (800) 250-63-60
www.mtrele.ru