

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей книге путем обобщения, структурирования и систематизации отечественного опыта, а также адаптации лучших зарубежных практик раскрывается сущность и содержание методологии УОО. Здесь расследование, учет, анализ и профилактика технических происшествий используются в качестве стержневого процесса, который служит основой для внедрения рекомендуемых инструментов, методов и средств с целью комплексного совершенствования системы управления производственными активами.

Для этого **во введении** приводятся результаты анализа отечественной практики в сфере УОО. Проблемы, обусловленные организационно-методологическими («не можем») и организационно-психологическими («не хотим») причинами выделены в качестве наиболее актуальных и характерных. Методология УОО направлена на устранение указанных проблем.

Концепция устойчивого развития предприятия, понятие «бегства вперед» и пирамида происшествий используются для обоснования необходимости УОО. Этому же способствует рассмотрение отказов оборудования как обратной связи в системе управления производственными активами, которая проявляет наиболее актуальные и значимые из имеющихся проблем. Необходимость УОО подтверждает рассмотрение его в контексте управления рисками, постоянных улучшений и управления знаниями.

Приводятся понятие и принципы УОО.

**Первая глава** книги посвящена расследованию технических происшествий.

В рамках этого в *разделе 1.1* рассматривается жизненный цикл оборудования, каждая стадия которого характеризуется особой спецификой возникающих и реализующихся на ней процессов, которые приводят к отказам оборудования. В их числе:

- 1) конструктивные недостатки стадии проектирования;
- 2) дефекты изготовления и сборки;
- 3) повреждения при транспортировании и хранении;
- 4) ошибки монтажа и наладки при вводе в эксплуатацию;
- 5) физическое старение, износ, нарушение требований к эксплуатации и ТОиР, внешнее воздействие среды.

Жизненный цикл завершается выводом оборудования из эксплуатации, когда вследствие значительно физического и/или морального износа его использование видится невозможным или нецелесообразным.

Кроме того, детально рассмотрен процесс и условия формирования и реализации отказа оборудования. Затронуты вопросы изменения его вероятности в течение эксплуатации, а также мероприятия по ТОиР как направленные на поддержание и восстановление работоспособности и исправности оборудования.

В *разделе 1.2* на основе иллюстрированных примеров приведено описание основных дефектов стадии эксплуатации, связанных с изнашиванием, коррозионными и механическими повреждениями.

С целью уточнения для наиболее распространенных элементов механического оборудования – подшипников качения и зубчатых передач – в *разделах 1.3 и 1.4* соответственно сделан детальный обзор типичных повреждений и условий их возникновения, что имеет непосредственное практическое значение для идентификации причин отказов оборудования. Рассмотрение многочисленных кейсов и способов идентификации проблем позволяет углубить понимание, формируя его практическую направленность.

**В разделе 1.5** рассмотрены изломы деталей, приведены условия их возникновения и возможные причины.

**Во второй главе** внимание уделяется организационным аспектам учета отказов оборудования.

Так, **раздел 2.1** посвящен вопросам регулирования порядка расследования и учета технических происшествий на основе изучения действующих нормативных актов и подразумеваемых ими процедур. Для всех случаев, которые не подпадают под нормативное регулирование, даны рекомендации по формированию профильного корпоративного стандарта, как в части структуры, так и в части его содержания.

Порядок организации расследования отказа оборудования приведен **в разделе 2.2**. Особый акцент сделан на мероприятиях по обеспечению эффективной работы комиссии по расследованию аварии, последовательности сбора фактической информации.

В рамках этого **в разделе 2.3** рассмотрены этапы и даны рекомендации по проведению осмотра места технического происшествия, которые также применимы при организации технических обследований оборудования. Отдельное внимание уделено вопросам фиксации – специфическим особенностям фотографирования, составления протокола осмотра и фрактографического анализа.

Подготовке акта расследования отказа оборудования посвящен **раздел 2.4**. По каждому элементу его структуры даны практические рекомендации, направленные на повышение эффективности учета, что определяет возможность дальнейшего использования и обработки собранных сведений.

Более детально эти и другие вопросы, связанные с необходимостью соблюдения требований к данным, рассмотрены **в разделе 2.5**. Сопоставимость, достоверность (адекватность и репрезентативность), а также потребительские качества данных выделены в качестве таковых. Дано развернутое, проиллюстрированное примерами, объяснение понятия «эксплуатационная идентичность».

Не соблюдение условия эксплуатационной идентичности является одной из основных причин неудовлетворительных результатов, которые получают при применении статистических методов обработки данных.

Вопросам проведения анализа технических происшествий посвящена **третья глава**.

В качестве базового инструмента **в разделе 3.1** рассмотрен Root Cause Analysis, его понятийная база, основные используемые модели отказов оборудования, последовательность реализации процесса. Также дан сравнительный анализ RCA и УОО, который позволяет понять их отличия и общие моменты.

Методы выявления коренных причин отказа оборудования приведены **в разделе 3.2**. В числе дедуктивных, которые ведут от общего (фокусного события) к частному (причинам его вызвавшему), на сквозных примерах, что упрощает понимание, рассмотрены экспертные методы (мозговой штурм, «Шквал вопросов», метод Дельфи), техника «Пять почему», диаграмма Исикавы, анализ «Почему – потому что» и анализ дерева неисправностей. Как индуктивного, который ведет от частного (возможных причин) к общему (их последствиям), приведено последовательное описание анализа видов и последствий отказов и его разновидностей (FMEA / FMECA).

**Раздел 3.3** посвящен методам совокупного анализа отказов оборудования. Здесь даны сведения и рассмотрены примеры применения качественных методов: временного, пространственного и причинно-факторного анализа, в т. ч. с применением правила Парето. Упомянуты количественные методы, которым посвящены последующие разделы.

Так, **в разделе 3.4** приводится описание статистического управления с применением контрольных карт Шухарта. Главным достоинством статистического управления, что в дальнейшем широко используется в УОО, является возможность различения двух видов вариабельности, которая имеет место при реализации процессов:

1) изменчивость, вызванная особыми (внешними, единичными) причинами, которые характеризуют отклонения в процессе;

2) изменчивость, вызванная общими (внутренними, постоянными) причинами, естественно присущими процессу.

Умение практически различать их обеспечивает возможность формирования действенных и эффективных мероприятий по улучшению.

**В разделе 3.5** даны сведения о методах расчета показателей надежности как комплексного свойства оборудования, которое характеризуется безотказностью, долговечностью, ремонтпригодностью и сохраняемостью, а также связано с готовностью и восстанавливаемостью. Приведены примеры их использования, указано на ограничения. Кроме того, здесь же приведен алгоритм и особенности анализа общей эффективности оборудования (ОЕЕ).

Вторая половина книги посвящена рассмотрению вопросов профилактики, изложенным **в четвертой главе**. Это обусловлено тем, что именно предотвращение технических происшествий, обеспечение возможности безотказной и безопасной эксплуатации оборудования, что достигается посредством совершенствования системы управления производственными активами на основе концепции устойчивого развития предприятия, является конечной целью УОО.

**В разделе 4.1** внимание уделено постоянным улучшениям и стандартизации.

Для этого *в подразделе 4.1.1* дано описание альтернативных подходов к построению системы постоянных улучшений, в качестве основы для которой рассматриваются инструменты кайдзен, теории ограничений систем и причинно-следственного анализа ТРИЗ. Применение каждого из методов может оказаться более эффективным в зависимости от корпоративной культуры предприятия, которая характеризует текущий этап его развития.

С этой целью в *подразделе 4.1.2* приведены понятие о корпоративной культуре, а также теория жизненного цикла организации Ицхака Адизеса.

Альтернативный взгляд на это дает теория спиральной динамики развития, приведенная в *подразделе 4.1.3*. Здесь рассмотрены особенности наиболее актуальных с практической точки зрения типов корпоративных культур с привязкой к конкретным лучшим практикам:

- системы менеджмента качества и процессного подхода для культуры правил;

- управления по целям (MBO), схемы постановки целей SMART и ключевых показателей эффективности (KPI) для культуры успеха;

- бережливого производства, «шести сигм» и DMAIC для культуры согласия;

- Agile Manifesto и Scrum для культуры развития.

Кроме того, приведено описание выходящей за пределы указанной теории культуры подвига, характерной для чрезвычайных особых и мобилизационных условий отечественных предприятий.

Мероприятия по улучшению, которые носят характер стратегических, в особенности требуют организации эффективного управления изменениями, чему посвящен *подраздел 4.1.4*. Здесь же рассматриваются такие инструменты, как формула перемен, преодоление шести слоев сопротивления по ТОС и реинжиниринг бизнес-процессов.

Устойчивость и развитие обеспечиваются должным управлением знаниями на предприятии. В *подразделе 4.1.5* рассмотрены как концепции пяти дисциплин Питера Сенге, спиралевидной модели социализации, экстернализации, комбинирования и интернализации знаний, обучения на производстве (TWI), так и конкретные методические рекомендации.

Указанные общие принципы должны найти свой воплощение в совершенствовании системы ТОиР, подробное описание которой дано **в разделе 4.2**. Здесь она рассматривается в рамках трех базовых измерений, определяющих ее состояние:

- 1) подхода к управлению жизненным циклом оборудования;
- 2) метода организации ремонтного обслуживания производства;
- 3) концепции ТОиР (доминирующей либо для каждой единицы или элемента оборудования).

*В подразделе 4.2.1* приведено описание концепции управления жизненным циклом оборудования. Выделены два диаметральных подхода:

- а) плановая замена оборудования с одновременной минимизацией работ по ТОиР на стадии эксплуатации (характерен для зарубежной практики);
- б) максимизация срока службы оборудования за счет реализации широкого комплекса работ по ТОиР (характерен для отечественной практики).

На основе классификации разношерстного «технического зоопарка», характерного для предприятий Российской Федерации и стран СНГ, подняты важные практические вопросы обеспечения работоспособности и даны рекомендации.

*В подразделе 4.2.2* рассмотрены способы организации ремонтного обслуживания производства – децентрализованный, смешанный и централизованный, а также их альтернативы (подрядный способ, сервисное обслуживание). Выполнен анализ преимуществ и недостатков передачи ремонтного обслуживания на аутсорсинг, выделения ремонтной службы в отдельное юридическое лицо.

Основные концепции ТОиР оборудования – эксплуатация до отказа (Corrective Maintenance), планово-предупредительные работы (Preventive Maintenance), обслуживание по состоянию (Predictive Maintenance) и упреждающее обслуживание (Proactive

Maintenance) детально проанализированы *в подразделе 4.2.3*. Выполнены исторический экскурс и классификация по характеру осуществляемых мероприятий (реактивные / активные) и по модели информационного обеспечения (стохастические / детерминированные).

Агрегативным концепциям ТОиР оборудования посвящен *подраздел 4.2.4*. Описаны причины возникновения и процесс формирования надежно-ориентированного обслуживания (RCM). Последовательно рассмотрен процесс реализации RCM-2. Обоснованы преимущества RCM-3 / RBM, базирующейся на оценке рисков.

Более подробно управление рисками рассмотрено *в подразделе 2.4.5*. По каждому этапу процедуры даны практические рекомендации, направленные на минимизацию ошибок.

Успех построения любой системы выражается в конкретных результатах ее применения. Для того, чтобы обеспечить это, отдельные вопросы выполнения ТОиР детализированы ***в разделе 4.3***.

В частности, *подраздел 4.3.1* посвящен вопросам оценки технического состояния оборудования. Рассмотрены органолептические (субъективные) и приборные (объективные) методы, средства для реализации последних (портативные, анализаторы, встроенные системы). Отдельное внимание уделено модели P-F-интервала, а также инспектированию с учетом рисков (RBI).

*В подразделе 4.3.2* даны рекомендации по организации ежедневного технического обслуживания силами эксплуатационного персонала. Здесь приведено описание принципов всеобщего ухода за оборудованием (TPM), системы 5S, а также кейс из практики одного из авторов по реализации этого.

Процедуры и лучшие практики планирования ТОиР оборудования описаны *в подразделе 4.3.3*. Классический подход, оперативное планирование и управление крупными ТОиР с применением диаграммы Ганта, PERT-диаграммы (сетового графика), инструментов ТОС, а также планирование выполнения работ и



составление еженедельных графиков в соответствии с зарубежными подходами рассмотрены здесь.

*Подраздел 4.3.4* освещает вопросы материально-технического обеспечения ТОиР оборудования. Приведено описание задач логистики, концепции «точно вовремя» (JIT) и ABC/XYZ-анализа. Даны рекомендации по организации входного контроля.

Завершающий *подраздел 4.3.5* посвящен проблемам автоматизации и цифровизации. Главный акцент сделан на типовых ошибках и способах их устранения. Последовательно доказывается, что данные могут явиться преобразующей силой только в том случае, если персонал знает, как их использовать. В связи с этим культуру работы с информацией рекомендуется прививать на самых начальных этапах работы.

**В выводах** к каждой главе книги даны указания относительно понимания, знаний и умений, которые следует формировать специалистам по надежности для успешного решения стоящих перед ними комплексных задач.

Изложение сопровождается иллюстративным материалом, кейсами и практическими рекомендациями. Раскрывается значение терминов и даются ссылки на нормативные акты и технические регламенты. Приводится описание широкого круга инструментов, методов и подходов, знаниями о которых должен владеть современный специалист по надежности, технический руководитель или эксперт, осуществляющий деятельность в этой сфере.

Авторы постарались максимально вложить свои знания, опыт и умения, чтобы сделать настоящее руководство не только полезным, но и интересным. Поэтому эта книга – для Вас, коллеги!