ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 55234.3 — 2013

Практические аспекты менеджмента риска

ПРОЦЕДУРЫ ПРОВЕРКИ И ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ НА ОСНОВЕ РИСКА

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2014

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Автономной некоммерческой организацией «Научно-исследовательский центр контроля и диагностики технических систем» (АНО «НИЦ КД») на основе собственного аутентичного перевода стандарта, указанного в разделе 4

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 10 «Менеджмент риска»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 5 декабря 2013 г. № 2170-ст

4 Настоящий стандарт разработан с учетом основных нормативных положений европейского документа CWA 15740:2008 «Процедуры проверки и технического обслуживания оборудования на основе риска» (CWA 15740:2008 Risk-Based Inspection and Maintenance Procedures for European Industry (RIMAP))

Наименование настоящего стандарта изменено относительно наименования указанного европейского документа для приведения в соответствие с ГОСТ Р 1.5.

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Правила применения настоящего стандарта установлены в ГОСТ Р 1.0—2012 (раздел 8). Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок – в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования – на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (gost.ru)

© Стандартинформ, 2014

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины, определения, обозначения и сокращения 2
4 Структура RIMAP 4
5 Процедура RIMAP 8
Библиография 51

Введение

Настоящий стандарт содержит описание основных элементов оценки риска производственного оборудования в соответствии с подходом RIMAP[1]. Применение этого подхода позволят гармонизировать международные и национальные требования к программам проверок состояния и технического обслуживания оборудования, повысить эффективность этих действий и учесть аспекты риска, связанные с обеспечением безопасности, здоровья и защиты окружающей среды.

Стандарт может быть использован организациями, занимающимися как разработкой, так и эксплуатацией оборудования. Стандарт предназначен для применения руководителями и инженерами, ответственными в организации за внедрение метода RBIM[2] (проверки и/или технического обслуживания на основе оценки риска). Применение этого метода может быть совмещено с существующими в организации методами проверок и технического обслуживания оборудования. Настоящий стандарт содержит общее описание подхода RIMAP, однако каждая его часть может быть использована отдельно.

Применение подхода RIMAP направлено на повышение эффективности проверок и технического обслуживания, и, как следствие, повышение конкурентоспособности организации.

[1] RIMAP –Risk based Inspection and Maintenance Procedures.

[2] RBIM – Risk Based Inspection and Maintenance.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Практические аспекты менеджмента риска

ПРОЦЕДУРЫ ПРОВЕРКИ И ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ НА ОСНОВЕ РИСКА

Practical aspects of management of risk.
Risk-Based Inspection and Maintenance Procedures

Дата введения — 2014—12—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает основные положения и структуру процедуры контроля технического состояния и технического обслуживания (далее – проверки и технического обслуживания) производственного оборудования на основе оценки риска (RBIM) и процедуры управления сроком службы на основе оценки риска (RBLM), предназначенные для промышленных предприятий.

В настоящем стандарте сформулирован подход, основанный на оценке риска, направленный на оптимизацию процессов эксплуатации и технического обслуживания, а так же процесса менеджмента активов.

Процедура RBIM должна обеспечить поддержание риска, связанного с нарушением безопасности, опасностями для здоровья, окружающей среды, производства и бизнеса, на приемлемом уровне с помощью использования ресурсосберегающих методов проверки и технического обслуживания. Метод RBIM, описанный в настоящем стандарте, основан на методе RIMAP.

Метод RBIM был разработан и утвержден для применения в химической, нефтехимической и сталелитейной промышленности, однако он может быть применен и в других отраслях. Метод RBIM направлен на:

– обеспечение проверки и технического обслуживания оборудования;

– учет и охват проверками и техническим обслуживанием всех типов оборудования, например, такого оборудования, как прессы, электрооборудование, инструменты, предохранительные устройства и т. п;

– учет технических и организационных аспектов планирования проверок и технического обслуживания;

– внедрение менеджмента активов, связанного с проверками, техническим обслуживанием и оценкой срока службы, для станков, систем и другого оборудования и его компонентов;

– обеспечение эффективности производства.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ Р ИСО/МЭК 17020–2012 Оценка соответствия. Требования к работе различных типов органов инспекции

ГОСТ ИСО/МЭК 17025–2009 Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий

ГОСТ Р 51901.12 –2007 (МЭК 60812:2006) Менеджмент риска. Метод анализа видов и последствий отказов

ГОСТ Р 51897–2011/Руководство ИСО 73:2009 Менеджмент риска. Термины и определения

Примечание – При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую

версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку

3 Термины, определения, обозначения и сокращения

3.1 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями.

3.1.1 **риск** (risk): Сочетание вероятности события и его последствий[3].

3.1.2 **менеджмент риска** (risk management): Систематическое применение политики, процедур и практики менеджмента к задачам анализа, оценки и управления риском.

3.2 Обозначения

В настоящем стандарте применены обозначения, приведенные в таблице 1:

Таблица 1 – Обозначения

Обозначение	Наименование	Ед. измерения
N_m	Индекс воспламеняемости;	
N_h	Индекс здоровья;	
k_e	Коэффициент потерь, связанных с нарушениями, относящимися к защитным ограждениям;	
k_3	Коэффициент потерь, связанных с нарушениями, относящимися к температуре;	
k_v	Коэффициент потерь, связанных с нарушениями, относящимися к вакууму;	
k_p	Коэффициент потерь, связанных с нарушениями, относящимися к давлению;	
k_c	Коэффициент потерь, связанных с нарушениями, относящимися к холоду;	
k_q	Коэффициент потерь по количеству;	
C_f	Число горючести;	
C_h	Число токсичности;	
P_w	Рабочее давление;	бар
V	Объем пара или газа;	$м^3$
M	Масса жидкости, нагреваемая выше точки кипения;	кг
T	Температура (перегрев) выше атмосферной точки кипения;	°C
m_h	Масса токсичного вещества;	кг
C_{LP}	Стоимость простоя производства;	руб.
C_{PC}	Стоимость восстановления после первичного отказа (стоимость дефектного элемента, необходимого для выполнения первоначальной функции);	руб.
C_{SC}	Стоимость вторичных отказов / дефектных элементов;	руб.
C_{Id}	Косвенные затраты.	руб.

3.3 Сокращения

В настоящем стандарте применены сокращения, приведенные в таблице 2:

[3] См. также ГОСТ Р 51897-2011, п. 1.1.

Таблица 2 – Сокращения

Сокращение	Наименование	
	на русском языке	на английском языке
ALARP	Метод оценки риска «Настолько низкий риск, насколько практически возможно»	As low as reasonably possible/ practicable
API	Американский институт нефтяной промышленности	American Petroleum Institute
ASME	Американский институт инженеров-механиков	American Society of Mechanical Engineers
CMMS	Компьютеризированная система управления техническим обслуживанием	Computerized Maintenance Management System
CoF	Оценка последствий отказа	Consequence of Failure
FCP	Вероятность ложных запросов	False Calls Probability.
FME(C)A	Анализ видов и последствий (критичности) отказов	Failure mode, effects (criticality) and analysis
HAZOP	Исследование опасности и работоспособности	Hazard and operability (study/analysis)
HCF/LCF	Многоцикловая выносливость/ Малоцикловая выносливость	High Cycle Fatigue / Low Cycle Fatigue
HFF/LFF	Высокий объема расхода жидкости / Низкий объем расхода жидкости	High Fluid Flow / Low Fluid Flow
HS(S)E	Анализ влияния на здоровье, безопасность (защиту) и окружающую среду	Health, Safety (Security) and Environment
HSE	Анализ влияния на здоровье, безопасность и окружающую среду	Health, Safety & Environment
HT	Высокая температура	High Temperature
KPI	Ключевой показатель производительности	Key Performance Indicators
LoF	Возможность (шанс) отказа	Likelihood of Failure
MTBF	Средняя наработка на отказ	Mean Time Between Failure
NDT	Методы неразрушающего контроля	Non-destructive testing/inspection
O&M	Эксплуатация и техническое обслуживание	Operation and maintenance
P&ID	Схема технологического процесса и расположения контрольно-измерительной аппаратуры	Process and Instrumentation Diagram
POD	Оценка вероятности обнаружения дефекта	Probability of Detection
PHA	Анализ опасности процесса	Process Hazard Analysis
PoF	Оценка вероятности отказа	Probability of Failure
QA	Обеспечение качества	Quality Assurance
QRA	Количественный анализ риска	Quantitative Risk Analysis
RBI	Проверка на основе оценки риска: метод планирования, внедрения и оценки проверок с использованием оценки риска	Risk Based Inspection: methods to plan, implement and evaluate inspections using risk based approach
RBIM	Проверка и техническое обслуживание на основе оценки риска: метод планирования, внедрения и оценки проверок и технического обслуживания с использованием оценки риска	Risk Based Inspection and Maintenance: methods to plan, implement and evaluate inspections and maintenance using a risk based approach
RBM, RBLM	Техническое обслуживание на основе оценки риска, управление сроком службы на основе оценки риска	Risk-Based Maintenance, Risk-Based Life Management
RBWS	Выбор производственной программы на основе оценки риска	Risk Based Work Selection
RC(F)A	Анализ первопричины (отказа)	Root Cause (Failure) Analysis
RCM	Техническое обслуживание, направленное на обеспечение надежности: метод планирования, внедрения и оценки технического обслуживания с использованием анализа надежности для ранжирования задач и измерений	Reliability Centered Maintenance: methods to plan, implement and evaluate maintenance using reliability to rank the importance of targets and measures
RIMAP	Процедуры проверок и технического обслуживания на основе оценки риска	Risk based Inspection and Maintenance Procedures

4 Структура RIMAP

4.1 Общие положения

Метод RIMAP включает процедуры проверки и технического обслуживания оборудования на основе оценки риска. В настоящем стандарте обозначение метода RIMAP применяется как синоним метода RBIM.

Документация RIMAP должна содержать руководство по обеспечению качества и непрерывности производственных процессов, действий и задач организации. Эта документация может быть использована для менеджмента активов организации на основе оценки риска. Необходимо подчеркнуть важность обеспечения качества и постоянного улучшения всего процесса RIMAP. Следует обеспечивать соответствие между запланированной и фактически внедренной процедурами RIMAP. Метод RIMAP не является способом быстрого снижения затрат, его следует рассматривать как подход интегрированного управления активами. При внедрении процедуры RIMAP необходимо руководствоваться принципом «лидерства руководителя» являющемся одним из принципов менеджмента качества наряду с другими аспектами менеджмента, так как внедрение этой процедуры невозможно без активной поддержки со стороны высшего руководства.

4.2 Правила RIMAP

За последние десятилетия подходы к техническому обслуживанию оборудования повсеместно менялись от планово-предупредительного ремонта к проверкам на основе оценки риска. Эта тенденция направлена на увеличение времени эксплуатации оборудования и снижение времени простоев, вызванных необходимостью аварийного ремонта или неустойчивостью функционирования оборудования, что может, в конечном счете, вызвать его отказ и простой.

Если организация применяет метод планово-предупредительного ремонта, тогда для принятия решения применяют консервативные (гарантированные) критерии .

Подход на основе оценки риска требует детального технического анализа для обеспечения (не в ущерб безопасности) планирования и выполнения проверки и технического обслуживания оборудования. Для применения метода на основе оценки риска необходимо выполнить следующие основные требования:

– план работы должен быть разработан на основе метода оценки и управления RIMAP так, чтобы при управлении риском приоритетным было управление риском, связанным с обеспечением безопасности и здоровья людей, защитой окружающей среды с учетом экономической целесообразности;

– применение метода RIMAP работы промышленного оборудования по обработке опасных материалов должно быть основано на технической целесообразности (например, основано на передовом техническом опыте и промышленных стандартах);

– для успешной реализации метода RIMAP необходимо эффективное управление основным производственным процессом и уровнем компетентности персонала.

Организация должна определить минимальные требования к процедуре RIMAP и ее документированию, соответствующие законодательным, обязательным и иным требованиям.

4.3 Требования RIMAP

4.3.1 Общие требования

Общие требования метода RIMAP:

а) цели и критерии риска должны быть точно установлены;

б) оценки и процедуры должны соответствовать обязательным требованиям;

в) установленные входные данные должны быть доступны для оценки;

г) оценка риска должна быть выполнена группой специалистов из смежных областей, обладающих достаточным уровнем компетентности, и основана на процедурах и методах, обеспечивающих достижение запланированных результатов для выбранного уровня оценки;

д) оценки и процедуры должны давать результаты, которые:

– обеспечивают безопасность;

– являются консервативными (гарантированными);

– являются представленными в виде матрицы риска, пригодными для аудита и совместимыми с целями и используемыми критериями риска;

– обеспечивают процессы планирования и принятия решения для исследуемой системы или компонента;

е) процесс RIMAP должен быть основан на командном подходе;

ж) процесс RIMAP должен отражать особенности организации и должен быть систематически актуализирован.

4.3.2 Требования к персоналу

Процесс проверки и технического обслуживания оборудования на основе оценки риска требует привлечения компетентного персонала на всех уровнях и во всех программах работ. В настоящее время в действующих стандартах требования к квалификации персонала, выполняющего процесс проверки и технического обслуживания оборудования, полностью не установлены. Частично установлены требования к квалификации, например, в ГОСТ Р ИСО/МЭК 17020, ГОСТ Р ИСО/МЭК 17025. Члены междисциплинарной группы персонала RIMAP должны обладать необходимой компетентностью в следующих областях:

- проверки и технического обслуживания оборудования;
- проверки и технического обслуживания специальных видов оборудования и материалов (например, применяемых материалов конструкции и оборудования, коррозии металлов, электрооборудования, движущихся частей оборудования);
- безопасности и здоровья персонала и населения;
- эксплуатации машин и оборудования;
- надежности и оценки риска

Примечание – В некоторых случаях может потребоваться наличие компетентности в специальных областях. Кроме того, на местном уровне могут быть установлены специальные законодательные и обязательные требования к компетентности персонала. Необходимо учесть общий уровень компетентности всей группы. Один работник может обладать компетентностью в нескольких областях, однако необходимо помнить, что эффективность процесса RIMAP обеспечивается командным подходом к работе.

4.3.3 Требования к выполнению оценки вероятности отказа

Общие требования RIMAP к выполнению оценки вероятности отказа:

- общая приемлемость;
- использование упрощенных подходов и гарантированных оценок;
- пригодность результатов для аудита;
- наличие необходимой квалификации персонала;
- многоуровневый подход (например, поэтапный качественно-количественный подход);
- выполнение в соответствии с установленными процедурами;
- отказ от усредненных подходов и оценок;
- исследование дополнительных аспектов.

Подробно требования рассмотрены ниже.

4.3.3.1 Общая приемлемость

Метод RIMAP применительно к оценке вероятности отказа может использоваться самостоятельно или в сочетании с другими методами. Следует проверить эффективность метода оценки вероятности отказа в сравнении с другими используемыми методами.

4.3.3.2 Консерватизм упрощенных подходов

Результаты предварительной оценки риска могут быть в среднем более консервативны (гарантированы), чем результаты анализа риска, использующие существенно большее количество информации. Доступные методы оценки вероятности отказа могут отличаться по уровню детализации. Метод с меньшей детализацией (например, качественный анализ) может быть более консервативным, т.е. оценка вероятности отказа в среднем будет равна или выше по сравнению со средней оценкой вероятности отказа, проведенной более детальными методами анализа.

4.3.3.3 Пригодность результатов для аудита

Полученные результаты должны быть пригодны для аудита в аналогичных областях, поэтому метод, входные данные, критерии принятия решения и результаты должны быть зарегистрированы.

4.3.3.4 Наличие необходимой квалификации персонала

Группа RBIM должна включать специалистов, с подтвержденной квалификацией в области проверок, технического обслуживания, материаловедения, технологического процесса и эксплуатации оборудования. К компетентности специалистов должны быть установлены требования по образованию и опыту. Помощник должен иметь квалификацию в области методов и способов проведения процесса исследований. Один специалист может обладать квалификацией эксперта в нескольких областях. Эксперт должен помогать группе RBIM в проведении анализа характеристик процесса и возможных потерях и риске.

4.3.3.5 Многоуровневые подходы (например, поэтапный качественно-количественный подход)

Организация может использовать качественные и количественные подходы при оценке вероятности дефекта (от общего до детального анализа). Возможно использование описательных вспомогательных словосочетаний, таких как «очень высокий», «очень низкий» или других подобных выражений, только при условии документированного пояснения значения этих словосочетаний.

Подход к оценке может быть многоуровневым с использованием качественных/количественных методов или системного иерархического подхода к анализу оборудования организации.

4.3.3.6 Выполнение в соответствии с установленными процедурами

Оценка вероятности отказа должна быть структурирована с помощью процедуры со строго установленными условиями (например, процедуры RIMAP).

4.3.3.7 Отказ от усредненных подходов и оценок

Оценка вероятности отказа должна быть такой, чтобы наиболее высокие оценки для отдельных механизмов возникновения отказа и инициирующих событий были проверены на окончательном этапе общей оценки для предотвращения усреднения значений. Альтернативно могут быть использованы диаграммы дерева событий для моделирования причины, приводящей к единичным отказам. В таком случае вероятность каждой ветви в диаграмме надежности может быть комбинированной (параллельной /последовательной). То же самое относится к вероятностям единичных отказов, они могут быть рассмотрены таким же образом, что позволяет избежать усреднения и выявления последствий вследствие нереалистичных значений вероятностей отказа.

4.3.3.8 Исследование дополнительных аспектов

Анализ оценки вероятности отказа помогает провести скрининг операций для идентификации действующих механизмов возникновения отказа. Анализ должен охватывать:

- идентификацию механизмов возникновения опасности, приводящих к отказу;
- установление реалистичных оценок интенсивности накопления повреждений;
- установление связи между оценкой вероятности отказа и эффективностью программ проверок в прошлом для планирования будущих проверок;
- определение уровня доверия оценки интенсивности накопления повреждений;
- оценка воздействия программ проверок на повышение уровня доверия оценки интенсивности накопления повреждений ;
- оценка вероятности того, что уровень повреждений превысит допустимый для исследуемого оборудования и приведет к отказу;
- анализ возможных взаимодействий или синергетического эффекта всех механизмов возникновения опасности;
- определение оценки вероятности отказа в течение планового интервала до следующей проверки;
- сопоставление оценки вероятности отказа с критериями допустимости риска.

4.3.4 Общие требования RIMAP для анализа оценки последствий отказа

Общие требования включают:

- общие требования для оценки последствий отказа;
- требования к оценке аспектов последствий отказа, связанных с обеспечением безопасности;
- требования к оценке аспектов последствий отказа, связанных с охраной здоровья людей;
- требования к оценке аспектов последствий отказа, связанных с охраной окружающей среды;
- требования к оценке аспектов последствий отказа, связанных с бизнесом.

Подробное рассмотрение данных требований приведено ниже.

4.3.4.1 Общие требования оценки последствий отказа

При оценке последствий отказа необходимо, как минимум, учесть последствия отказов, связанные с обеспечением безопасности, охраны здоровья людей и окружающей среды. Существуют варианты оценки последствий отказа: (а) оценка реальных последствий и (б) оценка возможных последствий (например, с помощью метода RIMAP). Если для решения проблем, связанных с охраной здоровья, безопасностью людей применяют процесс RBIM, то не допускается для целей финансовой оптимизации анализа учитывать средние индивидуальные аспекты последствий (для здоровья, безопасности, окружающей среды и/или бизнеса).

4.3.4.2 Требования к оценке аспектов последствий отказа, связанных с обеспечением безопасности

Оценка последствий отказа, связанная с обеспечением безопасности должна быть зарегистрирована и утверждена высшим руководителем в установленном порядке и в соответствии с законодательными и обязательными требованиями.

Методы оценки могут быть основаны на одном или нескольких следующих аспектах (в зависимости от конкретных групп, видов, моделей, (марок) оборудования и используемых рабочих жидкостей):

- масса жидкости при выбросе;

– тип выброса (общий, мгновенный выброс или утечка по номинальным расчетным показателям);

– воспламеняемость;

– токсичность;

– выделяемая энергия при функционировании оборудования;

– кинетическая энергия брошенного тела.

4.3.4.3 Требования к оценке аспектов последствий отказа, связанных с охраной здоровья людей:

1 Оценка аспектов последствий отказа, связанных с охраной здоровья людей должна быть зарегистрирована и утверждена ответственным руководителем в установленном порядке и в соответствии с законодательными и обязательными требованиями.

2 Методы оценки могут быть основаны на одном или нескольких следующих аспектах (в зависимости от конкретных групп, видов, моделей, (марок) оборудования и используемых жидкостей/газов):

– свойства жидкости, которые могут воздействовать на здоровье людей;

– выпущенная масса жидкости/газа;

– воздействие на людей в долгосрочной перспективе.

4.3.4.4 Требования к оценке аспектов последствий отказа, связанных с охраной окружающей среды

1 Оценка аспектов последствий отказа, связанных с охраной окружающей среды должна быть зарегистрирована и утверждена ответственным руководителем в установленном порядке и в соответствии с законодательными и обязательными требованиями.

2. Воздействие на окружающую среду должно охватывать воздействия на почву, воздух, поверхностные и грунтовые воды.

3. Методы оценки могут быть основаны на одном или нескольких следующих аспектах (в зависимости от конкретных групп, видов, моделей, (марок) оборудования и используемых рабочих жидкостей):

– свойства жидкости, которые могут воздействовать на окружающую среду;

– масса жидкости при выбросе;

– прямое и косвенное воздействие на флору и фауну;

– необходимые действия по исправлению ситуации.

4.3.4.5 Требования к оценке аспектов последствий отказа, связанных с бизнесом

Оценка аспектов последствий отказа, связанных с бизнесом должна быть зарегистрирована, в случае необходимости.

4.3.5 Требования к оценке риска

Все требования к персоналу, оценкам вероятности и последствий также применимы к оценке риска. Кроме того при выполнении оценки риска должны быть удовлетворены требования, описанные ниже:

1 Критическим этапом оценки риска является разработка сценария реализации каждого вида отказа. Существуют различные методы анализа и оценки риска, такие как анализ дерева неисправностей, анализ первопричины, дерево событий и т.д., однако наиболее простым и понятным методом в данном случае является моделирование с помощью метода «галстук – бабочка». Этот метод позволяет в простой форме свести воедино различные сценарии отказов и понять к каким последствиям они могут привести. После построения модели «галстука-бабочки» (дерева событий или дерева неисправностей) для различных видов отказа могут быть разработаны различные сценарии, которые прослеживают последовательность событий от их первопричины / активизации механизма возникновения опасности до возможного последствия.

2 Не допускается комбинировать оценки вероятности и последствий отказа, связанные с различными сценариями (например, различными видами отказов), даже если они имеют отношение к одному и тому же оборудованию.

3 Эффективность действий по снижению риска должна быть взаимоувязана с идентифицированными видами отказов. Планируемые показатели по снижению риска должны быть определены количественно.

4.4 RIMAP в общей системе менеджмента

Для разработки и внедрения процедуры RBIM необходимо выделение соответствующих ресурсов, таких как персонал, бюджет, запасные части и документация. Руководство должно оценить эффективность RBIM путем мониторинга соответствующих показателей, таких как показатели надежности, затраты и риск.

Для планирования RBIM необходимо привлечение многодисциплинарной группы квалифицированного персонала с необходимой компетентностью.

Руководство должно идентифицировать и определить цели, связанные с приемлемыми уровнями риска в процессе проверок и технического обслуживания. Установленные цели должны быть прозрачными и поддерживать общие цели организации, связанные с охраной здоровья, обеспечением безопасности, защитой окружающей среды, обеспечением необходимого уровня производства, качества продукции и т.д. Цели должны соответствовать законодательным, обязательным и договорным требованиям.

Стратегия RBIM должна обеспечивать идентификацию и внедрение мер по снижению риска заранее до момента, когда риск, связанный с отказом оборудования с последующим воздействием на здоровье, безопасность и окружающую среду, становится недопустимым. Если такие виды риска входят в область «допустимых», могут быть приняты меры по снижению экономических и иных видов риска.

Структура RIMAP должна стать частью общего производственного процесса и включать:

- определение целей, задач и требований;
- установление программы проверки и технического обслуживания;
- планирование задач и действий по проверке и техническому обслуживанию;
- выполнение установленного порядка выполнения проверки и технического обслуживания;
- отчетность об отказах и статусе оборудования;
- оценку производственной среды;
- подготовку к выполнению задач по улучшению;
- выполнение корректирующих действий;
- менеджмент активов;
- управление изменениями;
- рабочие процессы;
- обеспечение безопасности работы;
- проверку оборудования перед началом работы;
- разработку ответных мер, методов управления и средств контроля в опасных и чрезвычайных ситуациях;
- исследование инцидентов;
- обучение;
- обеспечение качества.

4.5 Ограничения

Метод RIMAP применим во многих отраслях промышленности. Метод уже внедрен в нефтехимической, химической, энергетической и сталелитейной промышленности. Метод не применим в атомной отрасли. Метод RBIM применяют для систем и оборудования на этапе эксплуатации. Для стадий разработки и производства должны применяться соответствующие стандарты и законодательные требования организации. Правила или процедуры RIMAP должны соответствовать региональным и национальным законодательным и обязательным требованиям. При применении метода RBIM необходимо учитывать, что:

1) Оценка RBIM является успешной только при наличии необходимых входных данных.

2) Метод RBIM не заменяет необходимые действия по наладке и регулировке.

4.6 Совместимость с другими известными подходами

Метод RIMAP совместим с большинством других подходов к оценке риска (см. [1]–[7]) и может быть применен для различных целей. Несмотря на то, что методы в значительной степени похожи, не следует ожидать получения идентичных результатов. Существуют элементы методов, которые могут существенно различаться. Существуют особенности применения метода в разных подразделениях организации, системах и пр. Например, в отличие от большинства других известных методов, метод RIMAP был первоначально разработан для независимых промышленных предприятий и обеспечивал передачу данных для различных уровней анализа (от общего до детального).

5 Процедура RIMAP

Процедура метода RIMAP обеспечивает управление разработкой и поддержкой программ проверки и технического обслуживания оборудования на основе риска. Эти программы должны стать частью общего менеджмента, направленного на обеспечение высокого уровня качества и эффективного управления риском. Процедура применима во многих отраслях промышленности и к различному производственному оборудованию (например, прессы, станки, системы безопасности, электрооборудование и инструмент). Во всех случаях этапы выполнения процедуры одинаковы, даже

если модели и методы оценки вероятности или последствий отказа могут изменяться в зависимости от конкретной задачи.

Процедура метода RIMAP включает следующие основные этапы:

1 Первоначальный анализ и планирование.
2 Отбор и валидация данных.
3 Многоуровневый анализ риска.
4 Принятие решения и плана действий.
5 Выполнение и отчетность.
6 Анализ выполнения/ постоянное улучшение.

Каждый из вышеупомянутых этапов включает следующие элементы:

1 Общее описание и область применения.
2 Требования.
3 Входные данные.
4 Процедура.
5 Выходные данные.
6 Опасности и ограничения применения.

Схематическое изображение процедуры RIMAP показано на рисунке 1.

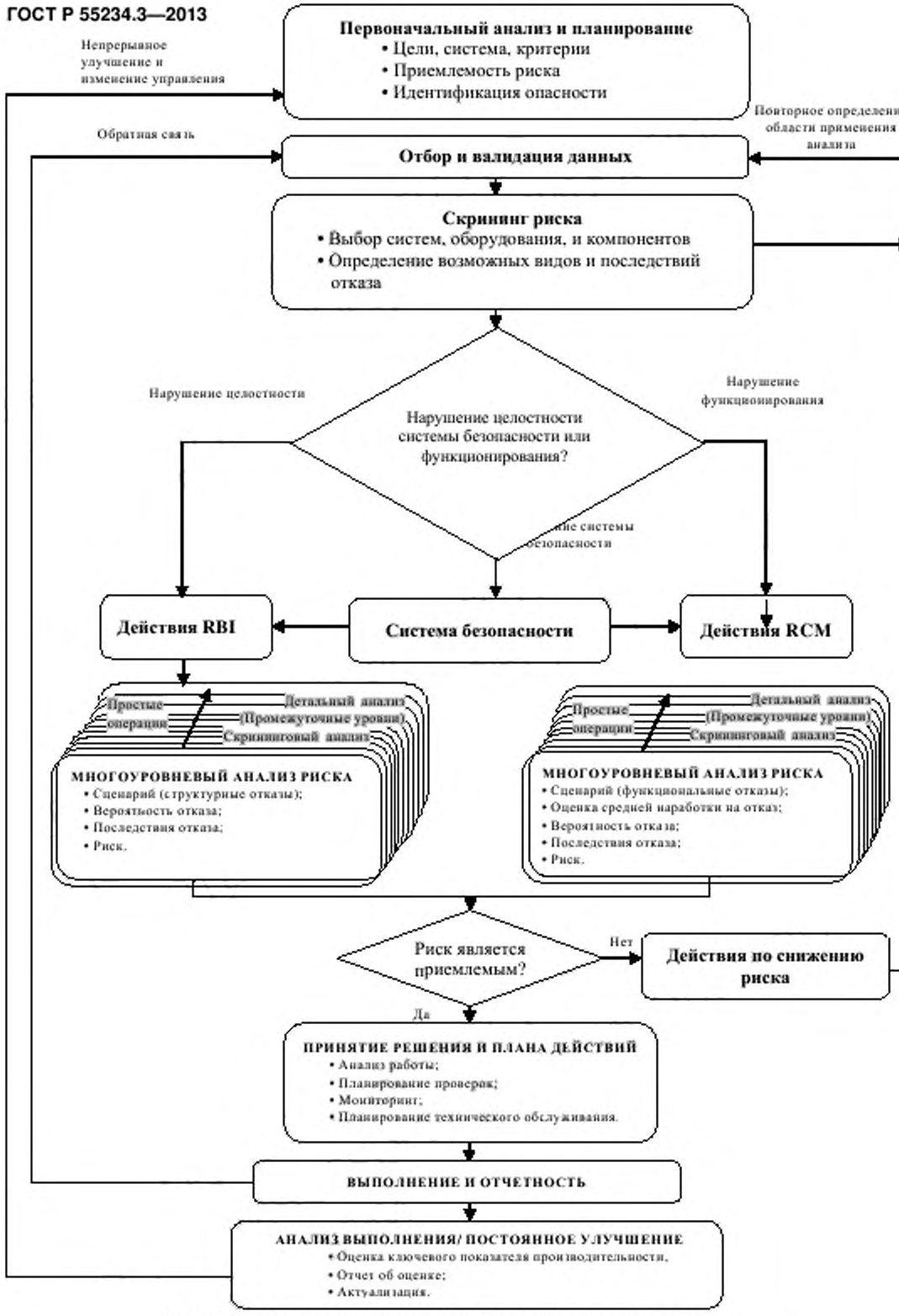

Рисунок 1 – Структура процедуры RIMAP в общей системе менеджмента

5.1 Начальный анализ и планирование

После принятия решения о создании системы RBIM с использованием процедуры RIMAP организация должна начать с первоначального анализа и планирования.

5.1.1 Общее описание и определение области применения

Стадия общего описания и определения области применения:

1 Определение целей (например, цели организации в области охраны здоровья и безопасности людей, оптимизации графика выполнения работ и глубины последующих проверок);

2 Определение исследуемых систем и компонентов, а также их взаимосвязи (например, системы подогрева от входа до выхода, включая использование сосудов высокого давления, теплообменников, и насосов);

3 Определение области применения анализа, включая исследование рабочих и специальных условий (например, при возникновении возможных нарушений, несчастных случаев и т.д.), а так же анализируемого периода работы;

4 Определение доступных источников данных (например, данных расчета, хронологических данных об отказах оборудования и т.п.);

5 Определение применимых законодательных и обязательных требований;

6 Создание многодисциплинарной группы оценки;

7 Определение используемых методов (например, программного обеспечения);

8 Обеспечение приемлемости методов и целей для проверяющих (например, внутри организации: для руководства, вне организации для контролирующих органов и органов по сертификации).

5.1.1.1 Определение целей

При определении целей руководство должно четко и ясно установить измеримые цели оценки и утвердить применяемую процедуру, предложенную группой оценки. Эти цели обычно связаны с вопросами воздействия на здоровье и безопасность людей, окружающую среду и бизнес. В частности, для процедур проверки и технического обслуживания оборудования на основе риска необходимо установить одну или несколько из следующих целей:

– соответствие законодательным и обязательным требованиям в области охраны здоровья и безопасности людей, охраны труда путем снижения соответствующего риска до уровня ALARP;

– повышение безопасности и надежности оборудования;

– оптимизация затрат на проверки и техническое обслуживание, а также оптимизация показателей, их производительности и качества;

– увеличение периода эффективной эксплуатации и применения оборудования (например, больше установленного срока службы) и внедрение соответствующей стратегии после окончания срока службы оборудования.

Конечные цели и задачи должны быть зарегистрированы.

5.1.1.2 Определение исследуемых систем и компонентов

Объектом анализа на основе риска может быть группа или серия оборудования, единица оборудования, конкретная система (функциональная единица), отдельный компонент или его часть. Первоначальные действия предварительной подготовки направлены на определение исследуемых систем и/или подсистем и их компонентов.

Системы обычно определяют на основе их функционального назначения. Существует множество способов деления системы на компоненты, т.е. создания структуры компонентов системы.

Подсистемы и компоненты системы должны быть легко управляемыми и значимыми, для анализа отдельных, связанных с ними проблем. Такими проблемами могут быть особенности механизма развития отказа, свойств конкретной рабочей жидкости, функционирования процесса, материально-производственных запасов. Уровни детализации систем, оборудования и его компонентов и их структуры могут различаться при применении различных методов (RBI/RCM).

Каждая система и подсистема, а также их границы должны быть точно определены. Например, при рассмотрении работы насоса необходимо определить включено ли только рабочее колесо (шкив привода) или также приводной механизм, источник электрической энергии, приводящей в действие оборудование и т.д. Установление границ должно быть основано на специальных критериях, таких как требования безопасности, функциональные требования, виды взаимодействий процесса, существующие конструкционные ограничения, объем доступных данных и т.д.

Существует опасность слишком детального рассмотрения системы. Общая схема безопасной и целостной системы может быть перегружена слишком большим объемом информации. Это может привести к неверным выводам. С другой стороны, при слишком грубом определении системы можно потерять часть важной информации.

Для определения иерархической структуры системы ее делят на подсистемы. Каждую подсистему делят на компоненты и/или группы компонентов, которые связаны с появлением отказа

системы. Декомпозицию системы продолжают до тех пор, пока самые малые компоненты структуры не будут обеспечены достаточным количеством данных контроля, хронологических отказов, технического обслуживания .

5.1.1.3 Определение области применения

Для всех определенных систем (исходя из входных данных) должна быть определена область применения анализа, включая рабочие условия, рабочую нагрузку и исключительные ситуации, например, периоды простоя оборудования.

5.1.1.4 Определение доступных источников данных

Доступные источники данных должны быть идентифицированы. Необходимо обеспечить, как минимум, следующую информацию:

- проектные данные;
- эксплуатационные данные;
- хронологические данные (отчеты о техническом обслуживании и проверках).

Перед началом обработки данных группа RBIM должна проанализировать качество и количество данных, необходимых для выполнения установленных требований к оценке. Данные должны быть сбалансированными исходя из их прикладного применения (например, к системе или компоненту), области применения оценки, ожидаемого уровня детализации результатов (или приемлемого уровня их неопределенности) и прогнозируемого в будущем объема технического обслуживания.

5.1.1.5 Определение применимых законодательных и обязательных требований

Применимые законодательные и обязательные требования должны быть четко идентифицированы. Эти требования могут относиться к квалификации некоторых членов группы оценки, используемому программному обеспечению (см. 5.1.1.6 и 5.1.1.7) и др.

5.1.1.6 Создание многодисциплинарной группы оценки

Эффективность оценки на основе риска во многом зависит от качества технических входных данных и доступности данных о конкретной системе и ее отказах. Обеспечить качество данных можно только путем создания многодисциплинарной группы оценки. При разработке процедуры оценки необходимо установить уровень компетентности группы оценки. Обычно группа оценки RBIM должна быть компетентной в следующих вопросах.

- проверка и техническое обслуживание;
- конкретные области знаний, связанные с оборудованием (например, применяемые материалы, коррозия металлов, электрооборудование, измерительное и контрольное оборудование);
- обеспечение здоровья и безопасности людей, охраны окружающей среды;
- эксплуатация оборудования и связанные с ней процедуры;
- надежность и/или оценка риска.

Особое внимание следует уделить отбору кандидатов в группу оценки и их компетентности, которая является ключевым элементом эффективности анализа риска. Процедуры, методы и приемы менеджмента не могут компенсировать пробелы в квалификации членов группы оценки. Эти пробелы в квалификации могут существенно повлиять на качество входных данных, прогнозируемых сценариев отказа и заключений на основе полученных оценок.

Управление риском на основе проверок и технического обслуживания требует привлечение опытного персонала на всех уровнях организации, а также соответствующих программ внедрения (см. 4.3.2 – требования к персоналу).

Если квалификация специалистов организации не охватывает необходимую область экспертизы, организация может привлечь для консультаций соответствующих внешних экспертов. Экспертиза может потребоваться в области надежности и анализа риска. В особых случаях могут потребоваться эксперты в специальных областях знаний, например в области исследования механизмов деградации или применения статистических методов. В законодательных нормах и правилах на местном уровне и/или отраслевых требованиях могут быть установлены дополнительные требования к уровню компетентности персонала группы оценки. Необходимо детально проверить навыки и совокупный охват необходимых областей знаний группы оценки. При этом один специалист может быть компетентен в нескольких областях знаний. Однако необходимо помнить, что работа по методу RBIM является групповой работой.

5.1.1.7 Определение используемых методов

Обычно оценку риска проводят с использованием компьютерной обработки (специального программного обеспечения). Такие программы применяют для управления входными данными, выполнения оценки риска и для принятия решений по результатам оценки. Компьютерные системы также используют для хранения данных, анализа полученных результатов и получения другой информации. Специализированные программные средства широко используют для управления

большим объемом входных данных об объектах оценки. В этом случае удобно, если используемые для оценки программные средства работают с существующими системами накопления данных, такими как используемые для проверок и технического обслуживания.

Пользователь должен удостовериться, что используемое программное обеспечение соответствует поставленным целям и основные методы расчета соответствуют законодательным и обязательным требованиям.

5.1.1.8 Обеспечение приемлемости методов и целей для проверяющих

На данном этапе группа оценки и руководство организации должны составить общее представление об уровне обязательств и ресурсах, необходимых для успешного выполнения процедуры, а также о сроках достижения поставленных целей.

Ответственная группа должна обеспечить приемлемость процедуры и ее целей для значимых причастных сторон, таких как владелец, руководство и регулирующие органы.

Существуют различные критерии допустимости риска, которые должны быть учтены при проведении оценки:

1 Критерии допустимости риска, связанные с охраной здоровья, безопасностью людей и окружающей среды.

Исходными данными для принятия решений на основе оценки риска должны стать стандарты организации и/или законодательные требования. Для промышленности обычно используют три различных критерия риска:

- безопасность работы оборудования;
- безопасность третьей стороны (люди, находящиеся за территорией организации);
- безопасность окружающей среды в краткосрочном и долгосрочном периоде.

Критерии допустимости риска используют для проверки выполнения мер по техническому обслуживанию в заданный период времени. Для механизмов деградации, развивающихся во времени, необходимо установить предельные интенсивности и приемлемую границу деградации для определения предельного времени проведения технического обслуживания и проверки. Необходимо также исследовать эффективность и охват методов проверок, применяемых для обнаружения механизмов деградации.

2 Другие критерии. Риски для бизнеса

В случае воздействия на бизнес установление пределов воздействия на основе обязательных требований или аналогичной практики обычно малоэффективно. Для установления критериев, связанных с воздействием на бизнес, обычно сравнивают риск при различных вариантах развития событий и оценивают риск в денежном выражении. Для снижения риска обычно анализируют распределение ресурсов. Например, снижения затрат на проверки и техническое обслуживание можно достичь путем оптимизации планирования проверок и комплексного ремонта/замены и снижением их количества, перепланированием таких действий, или внесением изменений в производственные и технологические процессы. В качестве дополнительных критериев риска могут быть использованы также и другие показатели, такие как качество выпускаемой продукции.

3 Комбинированные критерии

При применении комбинированных критериев необходимо использовать критерии влияния на здоровье, безопасность и окружающую среду для установления предела неприемлемости (между областями «недопустимого риска» и «допустимого риска ALARP»), при этом критерии допустимости риска, связанные с охраной здоровья, безопасностью людей и окружающей среды выступают в качестве обязательных границ между областями. Другие показатели, такие как экономические критерии, могут быть использованы для установления границ приемлемости при незначительном риске (т.е. установлении границ между областями «допустимый риск ALARP» и «приемлемый допустимый риск»). Иные показатели, такие как качество продукции, могут быть включены в комбинированные критерии, при этом с помощью определения затрат на качество в денежном выражении можно комбинировать различные показатели.

5.1.2 Требования

Ответственные за оценку должны предпринять все необходимые действия для обеспечения приемлемости процедуры RIMAP и ее целей для владельцев и/или высшего руководства организации и регулирующих органов.

5.1.3 Входные данные

Для организации более целесообразно выполнять детальный анализ небольшой, но хорошо определенной подсистемы, чем проводить очень приблизительную оценку намного более широкой системы. При этом приближенный анализ на уровне скрининга может быть полезным для определения крупных компонентов системы для дальнейшей детальной оценки. Существует опасность слишком детализованного рассмотрения системы, при этом общая схема системы может быть перегружена сложной информацией или иметь слишком большой объем. С другой стороны, при

слишком укрупненном определении системы можно потерять часть информации (например то, что отказы или нарушения процесса в одной подсистеме могут оказывать влияние на другую подсистему). Функциональные границы системы могут зависеть от режима эксплуатации оборудования.

5.1.4 Процедура

Недостаточная вовлеченность или не участие причастных сторон в разработке целей и в процедуре оценки могут серьезно снизить эффективность предпринимаемых действий. Участие причастных сторон является одним из основных показателей успешности выполнения оценки.

Для определения вероятных сценариев отказа группа разработки процедуры должна согласовать понятия отказов оборудования в методе RIMAP с пониманием этих отказов в организации. Кроме того, функции компонентов могут зависеть от режима выполняемых оборудованием операций. Например, система подачи воды может включать три насоса, которые функционируют одновременно. Та же самая система может работать в режиме с меньшей нагрузкой, т.е. содержать избыточную единицу (функционируют два насоса; третий, резервный, используют при необходимости).

Поэтому, если в организации применяется более одного режима работы оборудования, то необходимо определить критерии отказа, учитывающие особенности каждого режима функционирования.

5.1.5 Выходные данные

Результатами предварительной работы являются:

- выбор применимых процедур и методов работы компетентной группы оценки;
- определение исследуемой системы, иерархии и границ оценки системы/компонентов;
- установление целей, области применения и методов воздействия, а также их согласование с причастными сторонами;
- установление обязательных и законодательных требований для установления ограничений при проведении оценки и принятии решений по ее результатам;
- формирование критериев оценки риска на основе оценки воздействий на здоровье и безопасность людей, окружающую среду, бизнес и другие виды деятельности организации.

5.1.6 Опасности и ограничения по применению

Для всех элементов планирования, включая требования, входные данные, процедуры и выходные данные должны быть определены опасности и ограничения. Некоторые из наиболее общих представлены ниже применительно к отдельным проблемам безопасности оборудования.

- Отдельные проблемы, связанные со статическим оборудованием.

Для многих статичных компонентов оборудования применяют обязательное регулирование, например прессы или станки, использующие рабочие жидкости с опасностью выброса веществ, возгорания или другого опасного воздействия на окружающую среду. В этом случае в группу оценки должен быть включен персонал, компетентный в регулировании анализируемых статических компонентов. При регулировании и стабилизации работы статических компонентов необходимо учитывать критерии допустимости риска, связанные с охраной здоровья, безопасностью людей и окружающей среды. При оценке риска необходимо определить сценарии возникновения и развития основных опасностей для статических компонентов.

- Другие проблемы, связанные с подвижными компонентами.

Большинство подвижных компонентов не допускают регулировки, поэтому для нее не установлены критерии оценки. Однако активные компоненты, такие как турбины, насосы, двигатели, компрессоры, генераторы, вентиляторы, лампы и механизмы, часто подвергаются существенной нагрузке при обслуживании и являются важными частями критических систем или подсистем, которые должны быть проанализированы при оценке риска.

Активные компоненты могут иметь более одного режима работы. Необходимо установить критерии отказа для каждого режима работы.

5.2 Сбор и валидация данных

5.2.1 Общее описание и область применения

Сбор и организация хранения соответствующих данных и информации являются основой анализа риска. Основная часть этих данных связана с информацией о проектировании и производстве, эксплуатации и возможных отказах. Полученные данные применяют для оценки вероятности опасного события, его последствий, возможных сценариев реализации опасного события и отказов с помощью методов анализа риска, соответствующих требованиям процедуры RIMAP.

Информация для анализа, основанного на оценке риска, в соответствии с процедурой RIMAP может быть получена или доступна из многих источников. Однако качество полученных данных может

отличаться в зависимости от ситуации. Если данных мало или они малоэффективны, то неопределенность оценки риска повышается.

Перед началом сбора данных группа оценки RBIM должна проанализировать и оценить необходимые данные. Такой анализ должен позволить согласовать накопленные данные с процедурой анализа, оценить объем работ по рассмотрению доступной информации и недостающих данных. Собранные данные рекомендуется хранить в структурированной базе данных. Такая база данных позволяет облегчить процесс оценки, провести анализ и актуализацию процессов, составляющих основу процедуры RIMAP.

5.2.2 Требования

Сбор данных должен охватывать большое количество сфер деятельности и знаний, включая данные:

- об организации;
- о проектировании и производстве;
- об эксплуатации;
- о техническом обслуживании и проверке;
- о системе безопасности;
- о затратах;
- общих и аналогичных промышленных баз данных.

В дополнение к анализу документов, таких как схемы энергообеспечения, чертежи, карты процессов, технологические карты, записи технического обслуживания и функционирования оборудования и т.п., группа оценки должна обеспечивать сбор относящихся к анализу незарегистрированных данных.

Группа оценки должна иметь возможность взаимодействовать с персоналом, обслуживающим оборудование. Это взаимодействие должно помочь понять фактическую конфигурацию и рабочие условия эксплуатации оборудования, оценить эффективность программ проверок и технического обслуживания, идентифицировать детали проблем и задач исследования оборудования. Вовлечение персонала в процесс анализа и оценки риска обеспечивает понимание полученных результатов.

5.2.3 Входные данные

Группа оценки RBIM должна выполнять процедуру сбора и валидации данных, представленную ниже. До начала выполнения процедуры группа оценки должна проанализировать качество и количество данных, необходимых для анализа. Собранные данные должны быть верифицированы и сохранены для последующего использования в RBIM и документации.

1 Сбор и валидация зарегистрированных данных, которые обычно включают как минимум следующие элементы:

- технические данные по проектированию, производству и конфигурации;

Технические данные имеют свою специфику для отдельного оборудования или частей оборудования. Они могут иметь вид цифровых данных, карт, диаграмм и рисунков для процесса, систем, компонентов, средств управления, инструментов, систем безопасности. Это исходные данные, которые описывают функциональные требования, проектные нагрузки, а также места возможных отказов. Валидация данных может быть выполнена с помощью их перекрестного сопоставления, сравнения с физическими и техническими ограничениями для процесса и с экспертными оценками (см. ниже для незарегистрированных данных.)

- хронологические данные о проверке и техническом обслуживании (включая результаты анализа отказов);

Хронологические данные о проверке и техническом обслуживании имеют свою специфику для каждого вида оборудования или компонентов. Обычно они включают в себя записи о результатах проверок и возможных корректирующих действиях, таких как ремонт или изменение базовой конфигурации систем или компонентов. Записи могут включать данные о прошлых видах и причинах отказов или других нарушениях функционирования. Получение обновленных данных, аналогичных предыдущим, может позволить построить временной ряд этих данных. Записи о результатах предшествующего анализа отказов, а так же данные и последствия применения других процедур (например, RCM, QRA, PHA, и HAZOP) могут быть использованы как входные данные анализа RBIM. Валидация хронологических данных может быть выполнена аналогично другим зарегистрированным техническим данным.

- хронологические данные функционирования;

Хронологические данные функционирования имеют свою специфику для каждого вида оборудования и компонентов. Они могут включать записи о работе оператора с указанием периодов функционирования, переходных процессов, запуска оборудования, погрузочно-разгрузочных работ, простоев и уровней нагрузки на различных этапах работы.

Эти записи показывают степень отклонения фактической работы от проектной. Для прогнозирования производительности и функционирования в будущем необходимо изучить будущие виды работ и их отличия от выполняемых работ. Валидация хронологических данных функционирования может быть выполнена аналогично другим данным.

– данные о функционировании и общих отказах, данные об отказах для аналогичных объектов и компонентов;

Общие данные об отказах для аналогичных объектов и компонентов могут быть получены из различных источников. Общие данные об эксплуатации частично включены в эти источники, при этом информация из различных источников может значительно отличаться. Валидация данных может быть выполнена путем сопоставления их с данными источника и/или с экспертными оценками. Возможности валидации ограничены пригодностью информации о конкретной ситуации или виде компонента.

– информация о стоимости средств контроля и оборудования.

Информация о стоимости средств контроля и оборудования имеет свою специфику для конкретного вида оборудования и компонентов. Часто используют обобщенные данные о стоимости каждого типа и класса компонентов в зависимости от их использования.

Валидация данных может быть выполнена путем перекрестного сопоставления данных или на основе данных котировок поставщиков. Требуемая информация может также включать стоимость простоя производства и косвенные потери.

2 Сбор соответствующих незарегистрированных данных.

Незарегистрированные данные обычно получают из источников, не относящихся к источникам зарегистрированных данных. Незарегистрированные данные обычно существуют в виде знаний и мнений персонала, которые могут быть важным источником информации для анализа RBIM. Поэтому группа оценки должна взаимодействовать с персоналом, который имеет фактический опыт и знание функционирования системы и/или компонентов, ее конфигурации, рабочих условий, эффективности программ проверок и технического обслуживания, определения конкретных проблем. Целесообразно провести интервью с персоналом (например, оператором, специалистом по техническому обслуживанию и ремонту, наладчиком и т.д., которые далее будут названы «экспертами») для оценки вероятности отказа в виде ответов на следующие вопросы:

а) Каков общий опыт работы эксперта с компонентом или системой?

На этой начальной стадии интервью эксперту дают возможность описать собственный опыт и отношение к работе с конкретным компонентом (или многокомпонентной системой) и описание его жизненного цикла.

б) Каковы последствия непредвиденного отказа компонента?

Это мнение может указать возможные последствия, а также выявить предвзятость мнения конкретного эксперта при его сопоставлении с ответами на другие вопросы.

в) Какова наработка до самого раннего отказа?

Этот вопрос служит введением в основную часть экспертной оценки срока службы компонента или системы. Это первая оценка наработки до отказа по установленной и понятной для эксперта шкале.

г) Каков наиболее продолжительный срок службы (для одного компонента), или (для составных компонентов) период работы до состояния, когда восстановление нецелесообразно?

В случае составных компонентов, может быть полезным мнение эксперта о количестве отказов за год (или другой период) по истечении которого восстановление компонента невозможно или нецелесообразно.

д) Каковы причины наиболее ранних и поздних отказов?

Этот вопрос направлен на получение от эксперта дополнительных объяснений. Он должен, по возможности, не учитывать ранее указанные им данные и предложить хотя бы две причины ранних и поздних отказов;

е) Какова разность между наименьшими и наибольшими наработками на отказ?

Важно достигнуть согласованного мнения по этому вопросу, поскольку он устанавливает шкалу оценок. При слишком грубой шкале воздействие неопределенности будет слишком велико. При слишком детальной шкале, могут потребоваться чрезмерно детализованные исследования. Часто достаточно увеличение шкалы в 4-5 раз, при этом для многих систем это увеличение может выражаться в годах. Такое увеличение шкалы позволяет установить временную шкалу с промежуточными делениями между ними.

ж) Каково распределение вероятности или частоты отказов во времени?

Например, эксперту дают 50 монет или сопоставимых предметов и просят их разместить в интервалах вышеустановленной временной шкалы. При этом монеты или предметы должны быть размещены, по крайней мере, по одному в каждом интервале, но с учетом понимания экспертом

времени возникновения отказа. В конце эксперт должен повторно проанализировать полученные результаты, чтобы подтвердить или изменить распределение предметов.

к) Регистрация полученного распределения срока службы.

Полученное распределение может быть нормализовано путем умножения количества предметов в каждой категории (интервале) на 2 и деления результата на 100. Результаты должны быть документированы и представлены для анализа RBIM.

5.2.4 Процедура

Собранные данные должны быть валидированы и сохранены для дальнейшего использования в процессе анализа и RBIM. Валидацию не всегда легко провести для одиночных измерений или анализа. Для этих целей часто используют перекрестное сопоставление данных, проверки их на совместимость с материальными и техническими ограничениями, соответствие требованиям или стандартам (руководствам) по калибровке и градуировке. Также может быть полезно сопоставление с внешней доступной информацией, например, с данными о технических деталях и затратах, полученными от поставщиков оборудования.

Данные и результаты других процедур (например, RCM, количественного анализа риска, PHA и HAZOP, результатов предыдущих оценок риска) могут быть использованы как входные данные для анализа RBIM.

В организациях часто доступны такие исходные зарегистрированные данные, как диаграммы, чертежи и карты процесса для систем, подсистем, компонентов, средств контроля, инструментов, систем безопасности, процедур и записи технического обслуживания и функционирования. Данные о функционировании оборудования и другие установленные данные должны включать значимость, виды и причины отказов, записи оператора для определения периодов работы, переходных процессов, запуска оборудования, погрузочно-разгрузочных работ, простоев, а также уровней нагрузки на различных этапах функционирования.

Соответствующими недокументированными данными являются знания, мнения и опыт персонала. Для получения данных из этих источников группа оценки RBIM должна взаимодействовать с персоналом, который имеет опыт и понимание конфигурации оборудования, текущих и будущих рабочих условий, данных о предыдущей работе оборудования.

5.2.5 Выходные данные

Сбор и валидацию выходных данных необходимо оценивать по всем соответствующим и репрезентативным данным, необходимым для оценки риска анализируемых компонентов. Эти данные должны быть соответствующим образом скомпонованы, например, для хранения в базе данных.

В зависимости от доступных данных может потребоваться изменение границ систем/компонентов, идентифицированных на этапе первоначального анализа и планирования. При недостаточности данных необходимо предпринять дополнительные меры для получения новых данных с помощью технического анализа или других средств получения и обработки данных. В этом случае необходима дополнительная валидация и переоценка данных.

Отобранные и валидированные данные главным образом включают необработанные технические данные и информацию о вероятности и последствиях отказов. Определенные цели и особенности исследуемой системы могут в значительной степени диктовать глубину и объем накопления выходных данных.

Поддержка со стороны руководства и вовлеченность персонала очень важны, т.к. способствуют внедрению результатов оценки риска и могут положительно повлиять на качество данных.

5.2.6 Опасности и ограничения по применению

Данные, связанные с проектированием и производством (сборкой), не всегда могут своевременно обновляться в соответствии с более поздними изменениями. Это особенно характерно для оборудования, которое использовалось многие десятилетия и для которого не разработана современная документация в программах CAD/CAM. Аналогичная ситуация может быть со средствами контроля, инструментами и записями, относящимися к эксплуатации и техническому обслуживанию. В этой ситуации мнение эксперта об оборудовании может сыграть важную роль.

Одной из проблем сбора данных является качество общих баз данных, наличие сбоев в их работе. Базы данных должны включать информацию, относящуюся к проверкам, техническому обслуживанию и рабочим условиям компонента. Базы данных должны поддерживаться в рабочем состоянии. Их применимость зависит от нескольких параметров:

- вида оборудования/компонента (вида энергии, используемой для работы оборудования);
- изготовителя;
- рабочих жидкостей (включая их химические свойства);
- параметров функционирования (давление, температура, вибрация и т.д.);

- рабочей среды (влажности, температуры, и т.д.);
- функциональных ограничений (предельная нагрузка);
- системы/программы/методов проверок;
- климатических условий (среды и внешних воздействующих факторов).

Это означает, что для оценки вероятности необходимо изменить общие данные (т.е. вычислить эквивалентные данные). При этом необходимо учесть все имеющиеся ограничения для решения поставленной задачи.

Другой потенциальной проблемой может быть то, что при разработке общих баз данных часто не учитывают отказы компонентов. Например, система может анализировать только ухудшение параметров и вынужденные простои в работе оборудования, а отказы компонентов, несвязанные с ухудшением параметров или вынужденными простоями оборудования, не учитывать.

5.3 Многоуровневый анализ риска (от скрининга к детальному анализу риска)

5.3.1 Общее описание и область применения

Процесс анализа риска включает следующие этапы:

а) идентификацию опасностей;

б) идентификацию соответствующих механизмов разрушения и режимов отказов;

в) оценку вероятности отказа;

г) оценку последствий отказа;

д) оценку риска и классификацию оборудования.

Многоуровневый анализ риска определяет оценку риска с точки зрения 1) сложности анализа (например, от упрощенного скрининга до детального анализа) и 2) уровня иерархии компонентов (глубина). На рисунке 2 показано, что сложность анализа (другими словами количество исследуемых компонентов) устойчиво уменьшается от скрининга до детального анализа в подходе RIMAP по сравнению со снижением шага в стандартном подходе. Как показано на рисунке 3 глубина анализа устойчиво растет от скрининга до детального анализа в подходе RIMAP по сравнению с увеличением шага в стандартном подходе.

Входные данные для скрининга и детального анализа, обычно необходимые для каждого этапа оценки риска, приведены в таблице 3. Можно заметить, что некоторые входные данные характерны для обоих видов анализа, при этом для детального анализа требуются более сложные данные.

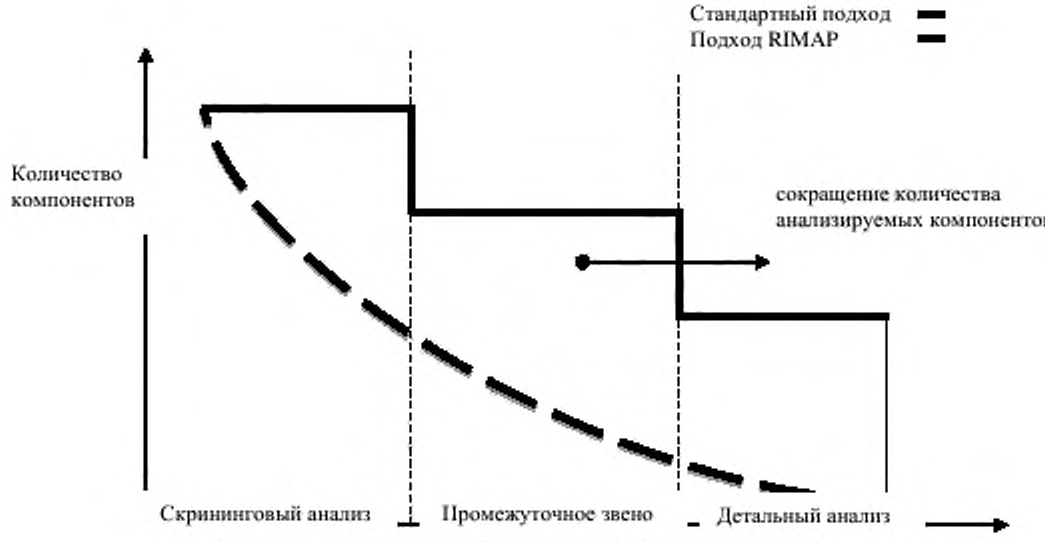

Рисунок 2 – Многоуровневый анализ рисков. Сложность анализа

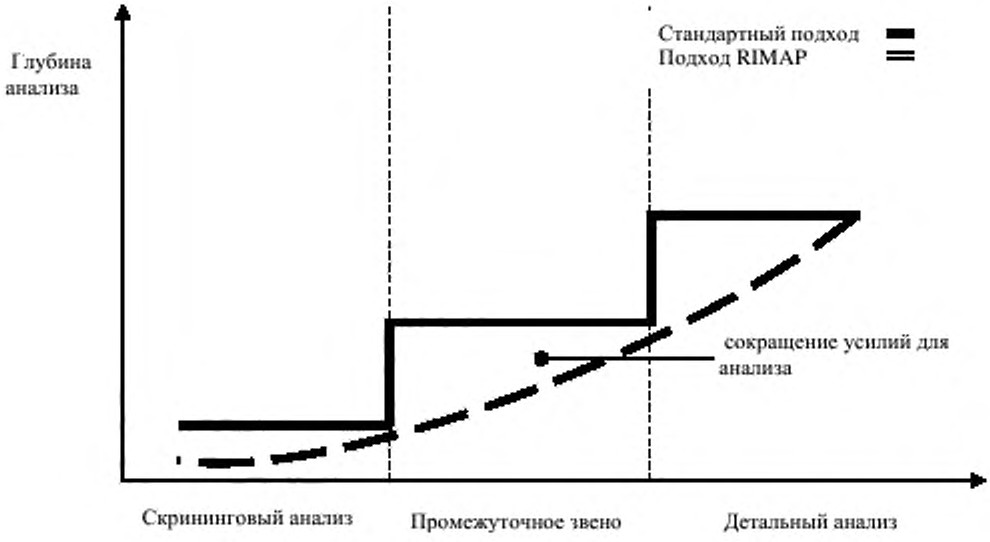

Рисунок 3 – Многоуровневый анализ риска. Уровень иерархии оборудования или компонента

Таблица 3 – Источники входных данных для скрининговой и детальной оценки риска

Тема	Действия по отборочной (скрининговой) оценке риска	Общая часть скрининговой и детальной оценок риска	Действия по детальной оценке риска	Особенности детальной оценки риска
А. Идентификация опасностей	– Идентификация опасностей для каждой системы с определением границ области применения	–Входные данные, полученные при первоначальном анализе и планировании; – Идентификация опасностей для каждой системы с учетом границ области применения	п.5.3.3.4 А	-
Б. Идентификация механизмов разрушения и видов отказов	– Определение рабочих условий, неполадок, вероятных отклонений, условий процесса в будущем для идентификации деградации или возникновения отказов	– Анализ механизмов возникновения опасностей и исключение неприменяемых механизмов опасности	п.5.3.3.4 Б	– Определение рабочих и проектных условий, а также условий возникновения неполадок; – Определение окон чувствительности механизмов деградации; – Описание возможных механизмов деградации, например, локальной или общей деградации возможности появления трещин и изломов, способности обнаружения дефектов (на начальных и заключительных этапах); – Тип нагружения механизмов; – Конструкция и структура каждой части оборудования с точки зрения чувствительности к механизмам отказа

Продолжение таблицы 3

Тема	Действия по отборочной (скрининговой) оценке риска	Общая часть скрининговой и детальной оценок риска	Действия по детальной оценке риска	Особенности детальной оценки риска
B. Оценка вероятности отказа	– Необходимо оценить вероятность отказа для каждой идентифицированной опасности каждой системы; – Необходимо оценить вероятность отказа для установленного периода времени; – Количественная оценка должна быть консервативной и быть основана на доступной информации и экспертных оценках; – После определения вероятности отказа, необходимо проанализировать этот показатель, установить: высокий он или низкий, выше или ниже установленного предела; – Если это установить сложно, можно приравнять вероятность отказа к 1 и выполнить скрининг последствий	– Определение установленного периода времени (исходя из первоначального анализа и планирования); – Анализ хронологических данных о техническом обслуживании и проверках исследуемых единиц оборудования; – Требования рабочих окон включая факторы, на которые влияет функционирование процесса (температура, давление) и факторы, на которые не влияет функционирование процесса (например, используемые материалы); – Изучение опыта работы аналогичного оборудования, (например, данных о средней вероятности отказа).	п.5.3.3.4 В	– Определение ожидаемого остаточного срока службы; – Взвешенная оценка системы/факторов с учетом оценки неопределенности прогноза; – Прогнозирование срока службы на основе данных измерений при проверках, расчет рабочих условий и учет мнений экспертов. Могут быть использованы установленные методы анализа, например, вероятностный анализ (анализ безопасности) и/или возможности обнаружения отклонений; – Для непрогнозируемых механизмов деградации, мониторинг изменений характеристик которых трудно провести или спрогнозировать (например, процесс появления коррозионных трещин), необходимо продемонстрировать, что процессы деградации предупреждают или выявляют на ранних стадиях путем применения необходимых средств измерений (проверок, технического обслуживания, контроля функционирования). Должны быть применены методы, позволяющие определить взаимосвязь эффективности измерений (их вида, области применения, частоты) и вероятности отказа; – Работа с ранее неизвестными механизмами отказов

Продолжение таблицы 3

Тема	Действия по отборочной (скрининговой) оценке риска	Общая часть скрининговой и детальной оценок риска	Действия по детальной оценке риска	Особенности детальной оценки риска
Г. Определение последствий отказа	– Необходимо определить наихудший возможный результат отказа. Следует проанализировать последствия отказа для безопасности и здоровья людей, окружающей среды и бизнеса. Так же могут быть исследованы и другие последствия, такие как воздействие на качество продукции и бизнес организации; – После оценки последствий отказа необходимо принять решение насколько этот показатель высок или низок в зависимости от того попадает ли оценка последствий отказа выше или ниже установленных границ. Этими границами могут быть: – последствия для безопасности (травмирование людей); – последствия для окружающей среды (распространение токсичных веществ); – последствия для бизнеса: (потеря продукции или активов).	– Определение состава жидкостей и их физических и химических свойств; – Определение давления, температуры и общего объема жидкостей, эмиссия которых может произойти; – Определение национальных законодательных требований, например, относительно объема общей эмиссии газа в атмосферу, локальных дисперсионных свойств жидкостей и газов на рабочем месте, системы их снижения, например, таких как водяные завесы, выявление протечек/разрушений; – При необходимости определение областей протечек и разрушений, должны быть установлены виды отказов, а также объемы труб и/или резервуаров для жидкостей; – При необходимости исследования воздействий на бизнес должны быть установлены финансовые последствия потери продукции, а также стоимость ремонта/замены; – При необходимости исследования опасности для деловых связей необходимо установить финансово-экономические последствия, которые могут возникнуть в результате негативного воздействия на будущее развитие бизнеса; Для иных опасностей, кроме последствий эмиссии жидкостей, необходимо получить данные о характере и размере этих последствий	п.5.3.3.4 Г	– Могут быть исследованы характеристики механизмов деградации, например, локальной или общей деградации, возможности образования трещин, способности обнаружения дефектов (на ранних стадиях); – Если исследуют оболочку, то должны быть доступны данные о составе, жидкостей, их физических и химических свойствах, давлении, температуре и общем объеме жидкостей. Для получения удовлетворительных оценок последствий отказа часто требуется определить возможные сценарии опасностей и возникновения последствий, например, небольших протечек, больших протечек, прорывов; – Может быть исследовано применение систем пассивного снижения опасности; Необходимо оценить последствия скрытых отказов и проверить независимость отказов; – Следует идентифицировать возможные барьеры для снижения опасности

Окончание таблицы 3

Тема	Действия по отборочной (скрининговой) оценке риска	Общая часть скрининговой и детальной оценок риска	Действия по детальной оценке риска	Особенности детальной оценки риска
Д. Оценка риска и классификация оборудования	– Следует определить категории, к которым отнесены показатели вероятности и последствий отказа, используя матрицу риска, приведенную на рисунке 5; – Необходимо определить категорию риска оборудования; – На основе результатов скрининга системы или группы оборудования необходимо присвоить низкий, средний или высокий уровень риска оборудования; – Системы или группы оборудования с высоким риском должны стать предметом детального анализа риска; – Системы или группы оборудования со средним риском должны стать предметом технического обслуживания; – Системы или группы оборудования с низким риском должны стать предметом регулярных проверок. Возможно потребуется верификация того, что оборудование удовлетворяет базовым предположениям, например, покрытие удовлетворительное или рабочие условия остаются неизменными. Для системы или группы оборудования с низким риском требуется минимальные надзор и проверки; Системы или группы оборудования с высоким риском должны стать предметом детального анализа риска, при этом необходимо проанализировать соответствующие законодательные и обязательные требования	– - Необходимо установить критерии приемлемости риска (исходя из первоначального анализа и планирования)	п.5.3.3.4 Д	Необходимо определить риск для людей (второй и третьей стороны)

5.3.2 Анализ риска. Уровень скрининга

5.3.2.1 Описание

Скрининг риска является относительно быстрым, простым и экономически эффективным способом анализа риска по сравнению с детальным анализом риска. Скрининг риска применим для широкого круга базовых и специальных проблем. При скрининге риска проблемы систем и групп оборудования делят на две группы: проблемы с высоким риском и проблемы со средним и низким риском. Проблемы с высоким риском должны быть детально проанализированы. Проблемы со средним риском должны быть дополнительно рассмотрены для того, чтобы принять решение о необходимости минимального наблюдения или детальной оценки. Для проблем с низким риском требуется минимальное наблюдение для верификации и подтверждения того, что предположения, сделанные в процессе скрининга, остаются правильными. Это могут быть, например, предположения для верификации условий окраски, покрытия, функционального соответствия конструкции и др. Если в процессе скрининга пропущена какая-то информация, в результате чего риск оборудования не может быть определен, то такому оборудованию должен быть присвоен высокий уровень риска и применена к нему детальная оценка риска.

Процесс и этапы скрининга риска представлены на рисунке 4.

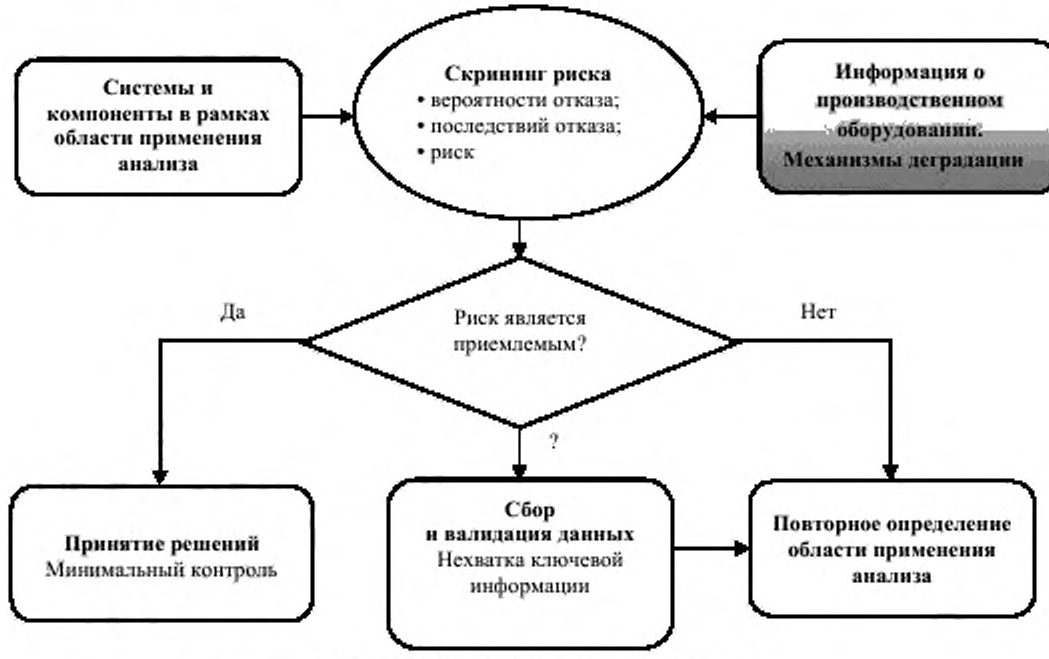

Рисунок 4 – Процесс и этапы скрининга риска

5.3.2.2 Требования

Процесс анализа риска должен отвечать следующим требованиям:

1 Критерии оценки и ранжирования риска должны быть определены и документированы в письменном виде;

2 Оценка вероятности отказа должна быть определена для установленного периода времени. Она должна быть основана на прогнозе опасности для работы в пределах установленного рабочего окна. Параметры рабочего окна должны включать показатели, которые могут повлиять на процесс функционирования (например, температура, давление), а так же показатели, которые не могут повлиять на процесс функционирования (например, структура промежуточных процессов);

3 При оценке последствий должны быть учтены аспекты, связанные, по крайней мере, с охраной здоровья людей, обеспечением их безопасности и защитой окружающей среды. Дополнительно необходимо провести ранжирование оценок последствий таким образом, чтобы индивидуальные высокие оценки последствий по отдельным аспектам (последствия для здоровья и безопасности людей, окружающей среды и/или бизнеса) учитывались при определении окончательной оценки (при этом усреднение не может быть использовано);

4 Должны быть проведены верификация/бенчмаркинг используемых методов;

5 Эта задача должна быть выполнена группой оценки RBIM (см. первоначальный анализ и планирование);

6 Результаты должны быть пригодными для аудита другими аналогичными экспертами (экспертной оценки), поэтому метод, входные данные, критерии принятия решений и результаты должны быть зарегистрированы (записи о результатах должны быть внесены в утвержденную документацию).

5.3.2.3 Входные данные

Источники входных данных для скрининговой оценки риска представлены в таблице 1.

5.3.2.4 Процедура

При проведении скрининга риска достаточно часто исследуют области с наиболее высокой вероятностью/частотой отказа оборудования (единиц/систем). Матрица риска для скрининга риска приведена на рисунке 5. Основной целью скрининга риска является идентификация проблем с низким риском (см. рисунок 5) и исключение их из дальнейшего анализа. Очень важно, чтобы к низкому риску было отнесено не чрезмерно много объектов. Следовательно, полезно сопоставлять оценки вероятности и последствий отказа и категории риска с аналогичными оценками, полученными другими методами.

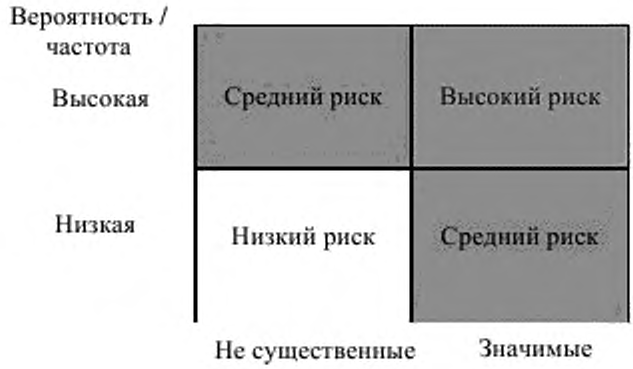

Рисунок 5 – Матрица риска для скрининга риска

5.3.2.5 Выходные данные

Результатами скрининга риска обычно являются:

– значение или категория вероятности отказа для исследуемого оборудования;

– значение или категория последствий отказа для исследуемого оборудования;

– значение или категория риска для исследуемого оборудования на основе матрицы риска, полученной в результате скрининга риска (см. рисунок 5).

5.3.2.6 Опасности и ограничения по применению

Необходимо помнить, что оценки вероятностей отказа обычно требуют большего количества деталей и поэтому экономически более затратные и требуют больших усилий, чем оценки последствий отказа. Поэтому иногда организации предпочитают проводить скрининг только последствий отказов для системы и группы компонентов. Это также приемлемо. Установленный метод оценки может включать другие виды скрининга.

5.3.3 Анализ риска. Детальная оценка

5.3.3.1 Общее описание и область применения

Детальная оценка риска отличается от скрининга риска глубиной и объемом используемой информации и, следовательно, требует значительно больших усилий. Детальная оценка риска должна быть применена к системам и группам оборудования с высоким риском, идентифицированным в процессе скрининга риска или для всего оборудования, если скрининг не проводился. Для каждой системы или группы компонентов должны быть идентифицированы соответствующие механизмы деградации и оценена степень опасности их реализации и последствий.

Дополнительно необходимо определить наиболее вероятные сценарии развития опасности. На основе этой информации необходимо определить максимальный временной интервал до следующей проверки/ технического обслуживания. При этом виды риска, связанные с охраной здоровья, обеспечением безопасности и охраной окружающей среды, должны оставаться приемлемыми (в соответствии с критериями приемлемости). Должны быть также учтены затраты на проверки/ техническое обслуживание и их эффективность. Это необходимо, чтобы определить оптимальные затраты на техническое обслуживание /проверки и интервалы между ними таким образом, чтобы риск, связанный с безопасностью, здоровьем и окружающей средой, оставался приемлемым, т. е. соответствующие критерии приемлемости были удовлетворены.

Детальный анализ риска предусматривает решение следующих основных задач:

– А. Идентификации опасностей.

– Б. Идентификации соответствующих механизмов развития повреждения и видов отказа.

– В. Определения оценки вероятности отказа (до и после принятия мер по снижению риска);

– Г. Определения оценки последствий отказа (до и после принятия мер по снижению риска)

– Д. Определения оценки риска.

5.3.3.2 Требования

Критерии ранжирования риска должны быть определены и документированы в письменном виде.

Требования к идентификации и исследованию механизмов повреждения включают:

– идентификацию всех механизмов развития отказа, которые могут появиться в системе/компоненте;

– выполнение анализа компетентным персоналом в сотрудничестве с персоналом, хорошо знающим функционирование оборудования (например, персоналом, обслуживающим оборудование);

– регистрацию отказов оборудования, результатов идентификации механизмов развития отказа и анализа риска;

– использование при анализе всех данных о техническом обслуживании, эксплуатации и известных механизмах деградации оборудования;

– обеспечение ответственными лицами, участвующими в анализе риска, использования при анализе риска всей информации о механизмах деградации оборудования в том числе всех доступных данных из литературы;

– обеспечение ответственными лицами, участвующими в анализе риска, доступности всей информации о механизмах деградации и данных о работе аналогичного оборудования;

– отнесение всех пока неучтенных механизмов развития отказа к категории «другие механизмы повреждения».

Анализ видов отказа повышает уровень детализации при оценке последствий отказа. Если анализ видов отказа не проводится, то при анализе должен быть использован гарантированный подход. Элементами гарантированного подхода может быть, например, предположение о том, что полная герметичность оборудования может быть нарушена мгновенно.

Должна быть установлена вероятность отказа за установленный период времени. Она должна быть основана на прогнозе опасности для функционирования в пределах установленного рабочего окна. Параметры установленного рабочего окна должны включать показатели, влияющие на процесс функционирования (например, температура, давление), а так же показатели, не влияющие на процесс функционирования (например, композиция промежуточных процессов).

При детальном анализе для всех прогнозируемых механизмов деградации оценка вероятности отказа должна быть основана на значении среднего остаточного срока службы и включать систему взвешенных оценок для определения неопределенности прогноза. Прогноз срока службы может быть сделан на основе либо данных измерений при проверках, либо результатов расчета рабочих условий или экспертных оценок. При желании могут быть использованы отдельные методы анализа, например вероятностный анализ (анализ безопасности) и/или анализ пригодности оборудования для обслуживания.

Для всех непрогнозируемых механизмов деградации, развитие которых сложно контролировать (например, образование трещин под воздействием коррозии), необходимо продемонстрировать, что механизмы деградации предотвращены за счет особенностей конструкции или обнаружены на ранних стадиях посредством наблюдений (при проверках, техническом обслуживании, функционировании). Применяемый метод должен учитывать соотношение между эффективностью наблюдений (тип, область применения и частота) и вероятностью отказа.

При оценке последствий должны быть учтены аспекты, связанные с охраной здоровья, обеспечением безопасности людей и защитой окружающей среды. Дополнительно ранжирование последствий должно быть выполнено таким образом, чтобы последствия с наивысшим рангом по отдельным аспектам (последствия для здоровья, безопасности, окружающей среды и/или бизнеса) были проверены при определении общих последствий (при этом усреднение не применимо).

Для метода анализа должны быть выполнены верификация и бенчмаркинг. Бенчмаркинг последствий отказа, связанных с безопасностью, может быть выполнен путем сопоставления применяемых методов с признанными методами (см. например, [1]–[7]).

Эта задача должна быть выполнена группой оценки RBIM (см. первоначальный анализ и планирование).

Результаты должны быть пригодны для аудита (рецензирования) аналогичными экспертами. Поэтому метод, входные данные, критерии принятия решений и результаты должны быть документированы (записи о результатах должны быть внесены в документацию и утверждены в установленном порядке).

5.3.3.3 Входные данные

Источники входных данных для детальной оценки риска представлены в таблице 1.

5.3.3.4 Процедура

Детальная оценка риска представляет собой достаточно сложную процедуру, включающую много действий.

Эти действия предусмотрены для выполнения отдельных этапов детальной оценки риска.

А. Идентификация опасности

Для идентификации опасности могут быть использованы различные методы. При идентификации опасности следует выполнять анализ видов и последствий (критичности) отказов или FME(C)A в соответствии с действующими стандартами (см. [1]). Существует соответствующее

программное обеспечение, поддерживающее проведение анализа FME(C)A. Существуют и другие методы анализа, такие как HAZOP (см. ГОСТ Р 51901.11), анализ «Что – если» или метод контрольных листов, которые также могут быть приемлемы.

Б. Идентификация соответствующих механизмов развития повреждения и видов отказа

Целью данной задачи является идентификация соответствующих механизмов деградации и видов отказа. Вид отказа – это все возможные состояния, когда определенная функция не может быть выполнена в соответствии с установленными требованиями. Составление перечня видов отказа существенно упрощается, если нарушения функционирования хорошо описаны. Все вероятные причины отказа для идентифицированных видов отказа должны быть внесены в перечень для каждой функции. Это могут быть отказы, с которыми работают в соответствии с текущей программой технического обслуживания, отказы в прошлом и возможные отказы в будущем. Метод RBIM направлен на предвидение и предотвращение отказов. Перечень причин отказа должен включать в себя все события, связанные с идентифицированными видами отказа. При этом необходимо учитывать деградацию / износ оборудования, влияние человеческого фактора, планирование активов и т.д. На этапе первопричины исследуют основные причины, вызывающие отказы. Определение первопричин увеличивает вероятность выявления способов предупреждения этих видов отказа. Структура отказов и определение первопричины отказа в процессе анализа первопричины отказа могут помочь понять соответствующий механизм развития отказа.

Для каждого типа повреждения комбинация исследуемых направлений должна включать как минимум типы повреждений, связанные с:

S – безопасностью;

A – активными компонентами;

E – воздействием на окружающую среду;

D – комбинацией компонентов, требующей детального анализа каждого повреждения.

В таблице 4 представлены различные типы штатных повреждений и их механизмы деградации. Иерархическая структура механизмов повреждения по отношению к соответствующей иерархической структуре компонентов и соответствующих проблем показана на рисунке 7 на примере проблем, связанных с усталостью.

Метод RIMAP предлагает системный подход, сочетающий классификацию механизмов повреждения с методами проверки, применяющими комбинацию методов: вероятность обнаружения дефекта, оценку эффективности и вероятность ложных запросов. Данный подход представлен в таблице 5.



Рисунок 6 – Типы повреждений, проявляющиеся как отказ или первопричина отказа в RIMAP

Таблица 4 – Виды опасности и соответствующие механизмы деградации

Событие, проблема	ID и тип повреждения или нарушения, отклонения, проблемы функционирования	Подтип / специфические особенности / более подробная информация /примеры
ПРОБЛЕМЫ, СВЯЗАННЫЕ С ПОВРЕЖДЕНИЕМ МАТЕРИАЛА	I. Повреждения, связанные с коррозией, эрозией, изменением окружающей среды	
	I.A Потери материала с поверхности (например, истончение покрытия, износ материала)	I.A1 Сплошная коррозия, окисление, эрозия, износ, истончение
		I.A2 Локальная коррозия (точечная коррозия, образование трещин или гальваническая коррозия)
	I.B. Образование трещин (главным образом на поверхности)	I.B1 Коррозия в условиях агрессивной среды (хлорид, щелочь и т.д.), образование трещин
		I.B2 Повреждение, вызванное воздействием водорода (включая образование вздутий) и водородная коррозия при высоком давлении)
		I.B3 Коррозионная усталость
	I.C Ослабление и/или хрупкость (ломкость) материала	I.C1 Термальная деградация (сфероидизация, графитизация и т.д., включая начальное расплавление)
		I.C2 Цементизация, обезуглероживание, сплавление
		I.C3 Ломкость (включая затвердевание, механическое старение, ломкость под воздействием температур, скручивание под воздействием температуры и т.д.)
	II. Механические или термо-механические нагрузки	
	II.A Износ	II.A1 Износ при трении скольжения
		II.A2 Износ при кавитации
	II.B Деформация / изменение размеров /неустойчивость работы/выход из строя	II.B1 Перегрузка, деформация
		II.B2 Повреждение при обслуживании
	II.C Образование микропустот	II.C1 Ползучесть
		II.C2 Совместное действие ползучести и усталости
	II.D Образование микротрещин и трещин	II.D1 Усталость, тепловая усталость (коррозионная усталость)
		II.D2 Термальный удар, ползучесть, совместное действие ползучести и усталости
	II.E Излом	II.E1 Перегрузка
		II.E2 Хрупкий излом
	III. Другие механизмы повреждения конструкции	
НЕПОЛАДКИ / ОТКЛОНЕНИЯ/ ПРОБЛЕМЫ (не связанные со структурой материалов)	IV. Загрязнение/отложения (без нарушения подачи и распределения жидкостей)	
	V Нарушение подачи и распределения жидкостей	
	V.A Высокая/низкая подача и распределение жидкости	
	V.B Отсутствует подача и распределение жидкости	
	V.C Другие проблемы, связанные с подачей и распределением жидкости	
	VI. Вибрация	
	VII. Изменение размеров и зазоров	
	VIII. Нарушения в результате действий оператора (преднамеренном и неумышленном)	
	IX. Возгорание, взрыв и т.п.	
	X. Повреждение и/или нарушение функционирования вследствие других причин	
	X.A Внешняя утечка	
	X.B Нарушения при запуске или остановка – отказ при запуске или выключении	
	X.C Отказ в процессе функционирования	
	X.D Перегрев	
	X.E Другие причины	

Событие, проблема	ID и тип повреждения или нарушения /отклонения, проблемы функционирования	Подтипы / специфические особенности / более подробная информация /примеры	Структура оборудования, пример **Система: Бойлер** └Оборудование: Нагреватель ├─ Компонент: Коллектор └─ Компонент: Трубка	
			Коллектор	Трубка
ПРОБЛЕМЫ, СВЯЗАННЫЕ С ПОВРЕЖДЕНИЕМ МАТЕРИАЛА	I. Коррозия/эрозия/среда, связанная с повреждением:			
	I.A Потеря материала с поверхности (например, истончение)	I.A1 Общая коррозия, окисление, эрозия, износ, истончение	*	*
		I.A2 Локальная коррозия (точечная коррозия, образование трещин или гальваническая коррозия)		*
	I.B. Образование трещин (главным образом на поверхности)	I.B1 Коррозия в условиях агрессивной среды (хлорид, щелочь и т.д.), образование трещин		
		I.B2 Повреждение, вызванное воздействием водорода (включая образование вздутий и водородная коррозия под высоким давлением)		
		I.B3 Коррозионная усталость		*
	I.C Ослабление или хрупкость (ломкость) материала	I.C1 Термальная деградация (сфероидизация, графитизация, и т.д., включая начальное расплавление)		
		I.C2 Цементизация, обезуглероживание, сплавление		
		I.C3 Ломкость (включая затвердевание, механическое старение, ломкость под воздействием температур, скручивание под воздействием температуры и т.д.)		
	II. Механические или термо-механические нагрузки:			
	II.A Износ	II.A1 Износ при трении скольжения		*
		II.A2 Износ при кавитации		*
	II.B Деформация / изменение размеров /неустойчивость работы/выход из строя	II.B1 Перегрузка, деформация	*	
		II.B2 Повреждение при обслуживании		
	II.C Образование микропустот	II.C1 Ползучесть	**	
		II.C2 Совместное действие ползучести и усталости	*	
	II.D Образование микротрещин и трещин	II.D1 Усталость, тепловая усталость (коррозионная усталость)	**	*
		II.D2 Термальный удар, ползучесть, совместное действие ползучести и усталости		
	II.E Излом	II.E1 Перегрузка		
		II.E2 Хрупкий излом		
	III. Другие механизмы структурных повреждений			
НЕПОЛАДКИ / ОТКЛОНЕНИЯ/ ПРОБЛЕМЫ (не связанные со структурой материалов)	IV. Загрязнение/отложения (без нарушения подачи и распределения жидкостей)			*
	V. Нарушение подачи и распределения жидкостей			
	V.A Высокая/низкая подача и распределение жидкости			
	V.B Отсутствует подача и распределение жидкости			
	V.C Другие проблемы, связанные с подачей и распределением жидкости			
	VI. Вибрация			
	VII. Изменение размеров и зазоров			
	VIII. Нарушения, вызванные действиями оператора (преднамеренными и неумышленными)			
	IX. Возгорание, взрывы и т.п.			
	X. Повреждение и/или нарушение функционирования вследствие других причин			
	X.A Внешняя утечка			
	X.B Нарушения при запуске – отказ при запуске или выключении			
	X.C. Отказ в процессе функционирования			
	X.D Перегрев			
	X.E Другие причины			

Детальное описание проблем усталости компонентов XYZ, включая расстановку приоритетов, данные оценок вероятности и возможности отказа и ссылки на показатели, установленные в документах RIMAP.

Примечание – Общее количество элементов, описанное в документах для Электростанции приближается к 500, звездочки (*) указывают на присутствие соответствующих механизмов повреждения.

Две или больше звезды (**, ***) указывают более важные или более вероятные события, проблемы .

Рисунок 7 – Типы повреждений и их особенности относительно структуры оборудования

Таблица 5 – Пример классификации типов повреждения и приоритетные методы проверок

Тип опасности		Метод описания типа опасности		Мера неопределенности/ риска при выбранном методе[1]				
Идентификатор и тип повреждения	Специфика повреждения, механизм повреждения	Наилучший метод оценки вероятности обнаружения дефекта	Экономически эффективный	Выбранный метод	Вероятность обнаружения дефекта для контролируемого размера или наоборот			Вероятность ложных запросов Комментарии примеры
					1 мм	3 мм	90 %-ная вероятность обнаружения дефекта	
I. Повреждения, связанные с коррозией, эрозией или изменением окружающей среды								
I.A. Потеря материала с поверхности (например, истончение)	I.A1 Сплошная коррозия, окисление, эрозия, износ, истончение	DiM, VT, ET, UT[2]	UT, (VT), DiM	UT	30–70 %	50–90 %	2 мм	
	I.A2 Локальная коррозия(точечная коррозия, образование трещин или гальваническая коррозия)	UT, DiM, ET	VT, UT	UT	30–70 %	40–90 %	2 мм	См.[3]
I.B. Образование трещин (главным образом на поверхности)	I.B1 Коррозия в условиях агрессивной среды (хлорид, щелочь и т.д.), образование трещин	MT, PT, ET[2]	MT, PT, ET	ET	max 85 %	40–90 %	4 ±2 мм	< 5 %[4]
	I.B2 Повреждение, вызванное воздействием водорода (включая образование вздутий и водородную коррозию при высоком давлении)	UT, MT, PT, ET	MT, PT[5], MT[6]	UT	Не применимо	Не применимо	Не применимо	Не применимо
	I.B3 Коррозионная усталость	MT, PT, ET,VT	MT, PT, UT	UT	80–96 %[7] 86–98 %[8]	50–99 %[7,9] 95–99 %[9]	3 ±1 мм[7,10] 0,8 ±0,4 мм[11]	
I.C Ослабление или хрупкость (ломкость) материала	I.C1 Термальная деградация (сфероидизация, графитизация и т.д., включая начальное расплавление)	МеТ[2]	МеТ	МеТ	(Микроскопия) ~ 100 % вероятность обнаружения дефекта для трещин более 1 мм, 90 % вероятность обнаружения дефекта для трещин 0,05 мм; основные проблемы связаны с надежностью (неправильный отбор выборки, неправильная подготовка образцов или неправильная интерпретация дубликатов, т.е. все данные очень приблизительные)			
	I.C2 Цементизация, обезуглероживание, сплавление	МеТ	МеТ	МеТ	-			
	I.C3 Ломкость (включая затвердевание, механическое старение, ломкость под воздействием температур, скручивание под воздействием температуры и т.д.)	MST	MST	MST	Не применимо			

Окончание таблицы 5

Тип опасности		Метод описания типа опасности		Мера неопределенности/ риск при выбранном методе[1)]				
Идентификатор и тип повреждения	Специфика повреждения, механизм повреждения	Наилучший метод оценки вероятности обнаружения дефекта	Экономически эффективный	Выбранный метод	Вероятность обнаружения дефекта для контролируемого размера или наоборот			Вероятность ложных запросов Комментарии примеры
					1 мм	3 мм	90 %-ная вероятность обнаружения дефекта	
II. Механические или термо-механические нагрузки:								
II.А Износ	II.А1 Износ при трении скольжения	VT, DiM, ET	VT, UT	-	-	-	-	-
	II.А2 Кавитационный износ							
II.Б Деформация / изменение размеров /неустойчивость работы/выход из строя	II.Б1 Перегрузка, деформация	DiM	DiM	DiM	Не применимо	Не применимо	Не применимо	Необходимое разрешение ≤ 0,1 мм или 0,5 %
	II.Б2 Повреждение при обслуживании							
II.В Образование микропустот	II.В1 Ползучесть	MeT	(UT), MeT	-	-			
	II.В2 Совместное действие ползучести и усталости							
II.Г Образование микротрещин и трещин	II.Г1 Усталость, тепловая усталость (коррозионная усталость)	UT, (MT/PT), ET,VT	MT/PT	PT	max 90 %	20–90 %	1,5–6,5 мм[12)]	-
	II.Г2 Термальный удар, ползучесть, совместное действие ползучести и усталости			MT	5–90 %	50–90 %	2,5–10 мм[13)]	-
II.Д Излом	II.Д1 Перегрузка	VT, DiM	VT	VT	Не применимо	Не применимо	Не применимо	Анализ причин
	II.Д2 Хрупкий излом							

[1)] Если иное не установлено, то все основано на переоценке данных.

[2)] AE – акустическая эмиссия; PT - проникающее испытание; DiM - измерение размеров; VbM – мониторинг вибрации; DsM - оперативный мониторинг смещения; StM - оперативный мониторинг деформации. VT – визуальная проверка; ET - вихретоковая дефектоскопия; UT - ультразвуковое тестирование; VTE – визуальная проверка с применением эндоскопа; MeT- металлография, включая метод дублирования. MST - испытания стандартных образцов.

[3)] На оценку могут повлиять локальные воздействия (т.е. проблемы малых серий могут остаться полностью необнаруженными)

[4)] ET для неферромагнитных материалов.

[5)] Поверхностей.

[6)] Слоев поверхностей.

[7)] Длина трещины.

[8)] Глубина трещины.

[9)] Для сварных швов = 20 %.

[10)] Обычно более 5 мм для сварных швов или сталей.

[11)] Могут быть более 5 мм для сварных швов.

[12)] Обычный диапазон; 0,5 ÷12 мм или более; больше неопределенности для сварных швов - длинную ось эллипса трещин сварных швов обнаружить легче, чем продольные.

[13)] Обычный диапазон; 1 ÷18 мм или более; применимо для ферромагнитных материалов (стали).

В. Определение оценки вероятности отказа

Оценку фактической вероятности отказа необходимо определять для всех механизмов развития отказов. Оценка вероятности отказа за продолжительный период времени является важным параметром при определении стратегии проверки и технического обслуживания (в том числе периодичности проверок). Вероятность отказа должна быть также связана с окончанием соответствующего события в модели «галстук-бабочка» для назначения вероятности каждому последствию. Кроме того, необходимо оценить неопределенность оценки вероятности отказа.

Для введения оценки вероятности отказа согласно процедуре RIMAP могут быть использованы три различных типа источников данных. Первый источник основан на статистическом анализе данных о предшествующих (хронологических) отказах аналогичных компонентов. Второй источник основан на данных прогнозирования или моделирования данного вида отказа исследуемого компонента. Третьим источником является экспертная оценка, используемая для корректировки и определения наилучшей оценки вероятности отказа (см. рисунок 8). Для получения полной оценки вероятности отказа используют разные источники (см. рисунок 8). Данные из различных источников должны быть модифицированы в соответствии с коэффициентами, соответствующими надежности источника и особенностями применения.

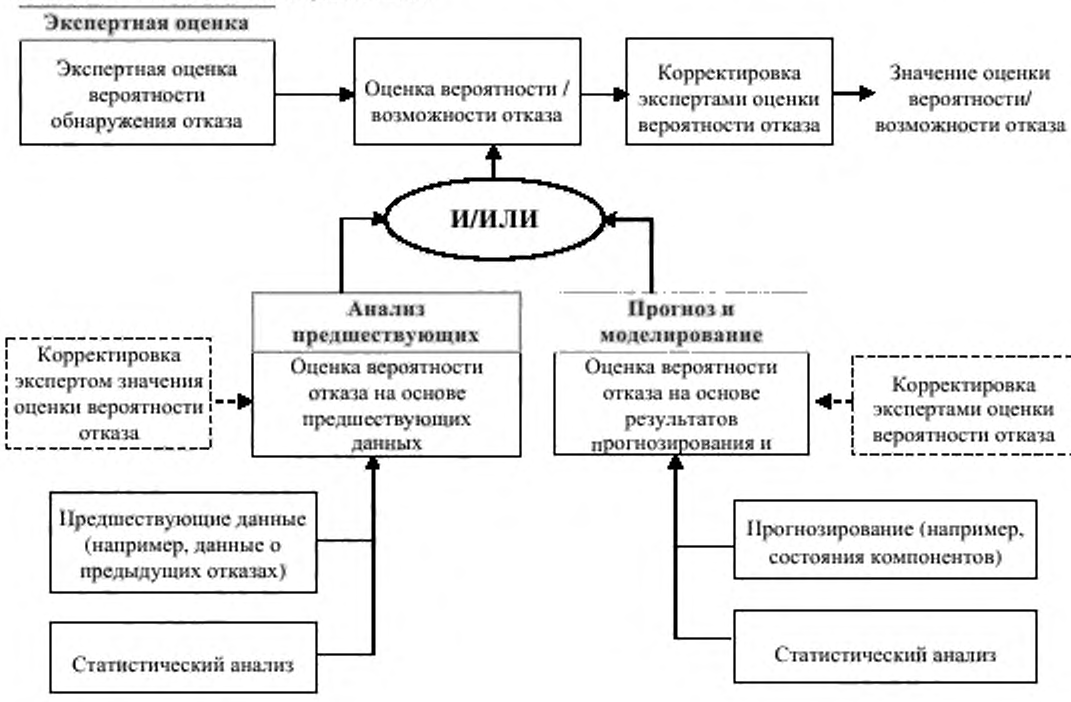

Рисунок 8 – Элементы оценки вероятности отказа при использовании метода RIMAP

Применение оценки вероятности отказа предусматривает следующие этапы:

1 Для оценки сценариев отказа пользователь может выбрать один из двух типов моделей:

– модели баз данных, описывающие неопределенность данных о материалах, результатов методов неразрушающего контроля, геометрических размеров, нагрузок и т.п.;

– модели, позволяющие рассчитать точный ресурс компонента на основе информации о механизме деградации.

Существуют методы, которые могут быть использованы при исследовании более одного сценария отказа, например: метод моделирования Монте-Карло, дерево решений, дерево неисправностей, метод нечетких правил и т.д.

2 На следующем этапе необходимо оценить, проверить и исправить частоту основных отказов с помощью использования экспертных оценок.

Для выполнения корректировки могут быть использованы такие показатели как:

– аналогичные повреждения, возникшие в другом месте на таком же или на аналогичном оборудовании;

– все качественные показатели и/или признаки такие, как ошибки в наблюдениях;

– нагрузки выше запланированных и/или незапланированные нагрузки (например, вибрация) и т.д.;

– изменения рабочих условий (например, вида работ);

– все известные проблемы проектирования и производства.

Данный подход позволяет последовательно объединить различные уровни и методы анализа такие, как экспертная оценка и вероятностный анализ при применении к различным или одинаковым компонентам.

Предложенный подход сопоставим и совместим с ранее установленными подходами, и расширяет их в нескольких направлениях. Подход может быть применен для различных отраслей промышленности. Подход включает, во-первых, установление связи между компонентами оборудования и механизмами повреждения и, во-вторых, определение соответствующих методов проверок в зависимости от типа повреждения и оценки надежности выбранных методов проверок.

Г. Определение оценки последствий отказа

Последствия отказа, связанные с охраной здоровья, обеспечением безопасности, воздействием на окружающую среду и бизнес, необходимо оценивать для соответствующих механизмов разрушения. Следует также рассмотреть другие последствия, например, потерю имиджа или воздействие на общество. Существует несколько методов сбора данных, необходимых для анализа последствий отказа. Четыре основных источника информации, которые могут быть использованы в анализе последствий отказа, показаны в таблице 6.

Таблица 6 – Источники последствий отказа для детальной оценки

Источник данных	Описание использования
1 Предшествующие данные	1. Оценка основана на использовании последствий отказа для различных отказов. Данные могут быть получены из общих баз данных, статистических данных организации (об оборудовании), данных бенчмаркинга или передового опыта. Если для исследуемых видов отказов отсутствуют предшествующие данные, то могут быть использованы данные для аналогичных отказов
2 Прогнозируемое или предсказуемое поведение	Прогноз деградации и поведения элемента в будущем для получения оценки последствий отказа
3 Экспертные оценки	Оценку последствий отказа проводят совместно с экспертами в соответствующих областях знаний (могут быть привлечены внутренние или внешние эксперты).
4 Моделирование поведения	Моделирование последствий отказа для различных отказов

Детальная оценка последствий отказа, связанных с охраной здоровья, обеспечением безопасности, воздействием на окружающую среду и бизнес включает вычисления, основанные на свойствах материалов, анализе внутренней энергии, а также присутствии или отсутствии людей.

Перед началом выполнения оценки последствий отказа в соответствии с блок-схемой (см. рисунок 9) необходимо определить число токсичности и число горючести.

Ниже приведены соответствующие формулы:

Число горючести, $C_f = N_m \cdot (1+k_e) \cdot (1 + k_\vartheta + k_v + k_p + k_c + k_q)$ (1)

Число токсичности, $C_h = N_h \cdot (1 + k_\vartheta + k_v + k_p + k_c)$, (2)

где N_m – индекс воспламеняемости;

N_h – индекс здоровья;

k_e – коэффициент потерь, связанных с нарушениями, относящимися к защитным ограждениям;

k_ϑ – коэффициент потерь, связанных с нарушениями, относящимися к температуре;

k_v – коэффициент потерь, связанных с нарушением по вакууму;

k_p – коэффициент потерь, связанных с нарушениями, относящимися к давлению;

k_c – коэффициент потерь, связанных с нарушениями, относящимися к холоду;

k_q – коэффициент потерь по количеству.

На рисунке 9 изображена блок-схема примера оценки последствий отказа, связанного с обеспечением безопасности.

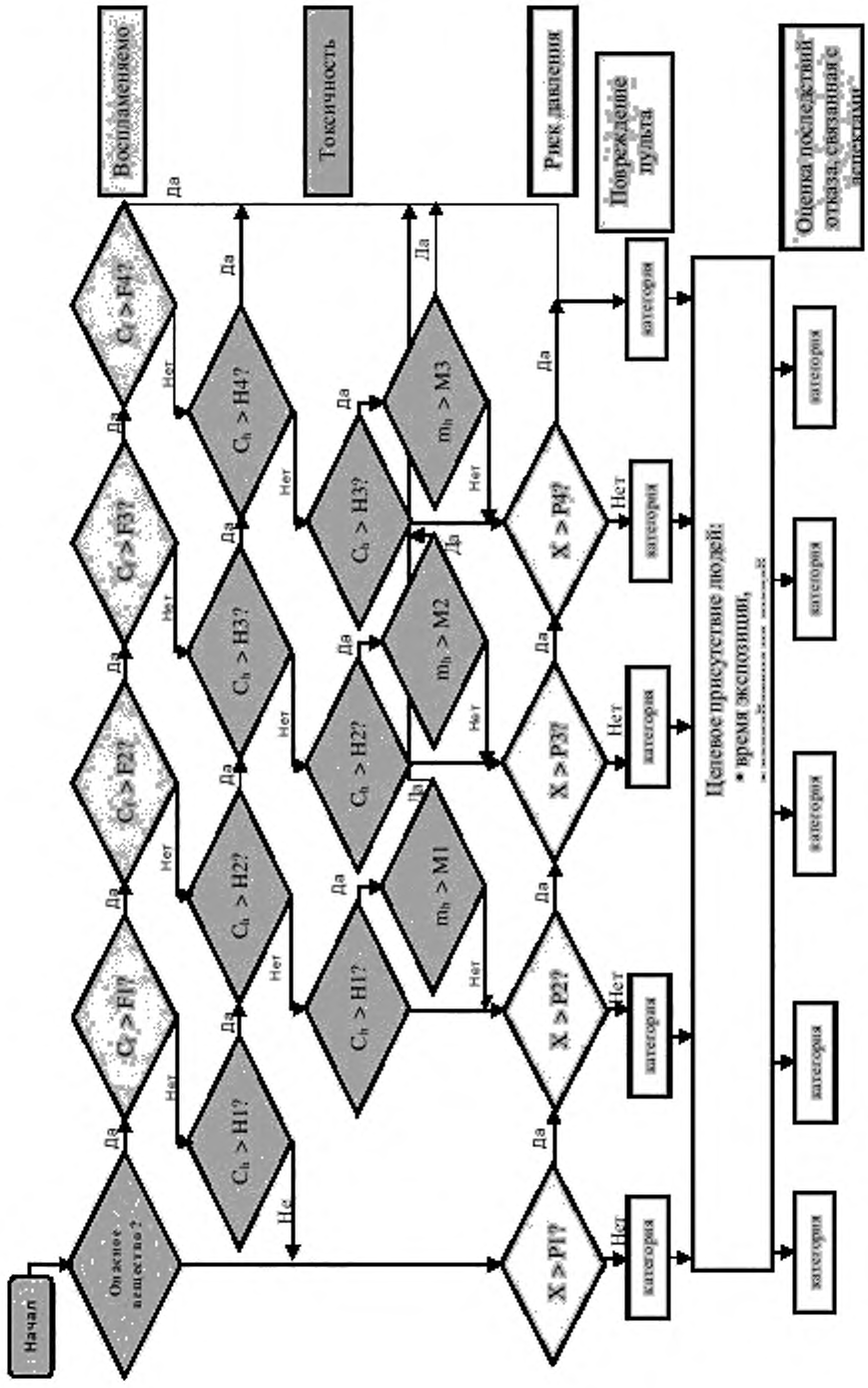

Рисунок 9 – Пример оценки последствий отказа, связанного с обеспечением безопасности ($X = P_w V + \frac{mT^3}{32000}$)

Последствия для обеспечения безопасности классифицируют в соответствии с блок-схемой, приведенной на рисунке 9. В блок- схеме использованы следующие параметры и термины:

Опасные вещества – все вещества, которые являются горючими ($N_f > 1$), токсичными ($N_h > 1$) или высоко токсичными ($N_h > 4$);

C_f – число горючести;

C_h – число токсичности;

P_w – рабочее давление, бар;

V – объем пара или газа, $м^3$;

m – масса жидкости, нагреваемая выше точки кипения, кг;

T – температура (перегрев) выше атмосферной точки кипения, °С,

m_h – масса токсичного вещества, кг.

В блок-схеме использованы численные критерии, описание которых приведено в таблице7.

Таблица 7 – Численные критерии для расчета по блок-схеме, представленной на рисунке 9

Критерий	Описание
F1-F4	Критерии горючести являются граничными значениями для числа горючести. Должны быть определены точные значения (F1 < F2 < F3 < F4)
H1-H4	Критерии токсичности являются граничными значениями для числа токсичности. Должны быть определены точные значения (H1 < H2 < H3 < H4)
M1-M3	Критерии, связанные с массой токсичного вещества. Должны быть определены точные значения
P1-P4	Критерии, связанные с запасом энергии. Вычисление запаса энергии проводят с использованием показателей давления, объема и массы жидкости, нагреваемой выше точки кипения (P1 < P2 < P3 < P4)

Значения критериев, указанных в таблице 7, приведены в таблице 8. Эти таблицы позволяют провести деление на 3 категории для подхода «дистанция от повреждения» и для деления на пять категорий. Значения критериев для системы, использующей пять категорий, следует рассматривать как «наилучшие оценки».

Таблица 8 – Значения критериев для моделей с классификацией на 3 и 5 категорий

Критерий	Значения для классификации на 3 категории	Значения для классификации на 5 категорий
F	F1=65, F2=95	F1=35, F2=65, F3=80, F4=95
H	H1=6, H2=9	H1=2, H2=6, H3=8, H4=10
M	M1=M2=M3=M4=500	M1=M2=M3=M4=500
P	P1=900, P2=20000	P1=100, P2=900, P3=10000, P2=20000

В соответствии с блок-схемой оборудование может быть отнесено к одному из пяти классов («дистанция от повреждения»). Классы представлены границами, приведенными в таблице 9. Критерии, указанные в таблице 5, должны обеспечивать однозначное отнесение анализируемой части оборудования к одному из классов.

Таблица 9 – Пример определения границ классов для подхода «дистанция от повреждения»

Класс	Граница
I	смертность отсутствует
II	X % смертности в пределах 10 метров
III	X % смертности в пределах 30 метров
IV	X % смертности в пределах 100 метров
V	X % смертности в пределах > 100 метров в пределах < 1000 метров

Подход «дистанция от повреждения» в сочетании с методом «целевого присутствия» могут помочь при отнесении оценки последствий отказа к соответствующей категории A-E (по последствиям для обеспечения безопасности). Категории отличаются по количеству несчастных случаев. Процедура определения целевого присутствия должна предусматривать, по меньшей мере, определение:

- количества людей в зоне опасности соответствующего класса для подхода «дистанция от повреждения»;
- процент времени за день, когда люди присутствуют в зоне опасности соответствующего класса для подхода «дистанция от повреждения».

Для аспектов, связанных с охраной здоровья и окружающей среды подобной модели не существует. Для разработки такой модели и определения оценки последствий отказа, связанных с охраной здоровья, аспекты здоровья должны быть приведены к следующим показателям: индекс здоровья (долгосрочный индекс здоровья), массы вещества при выбросе, время экспозиции и области воздействия опасности. Аналогично последствия для окружающей среды могут быть проанализированы в соответствии с затратами. При этом затраты складываются из затрат на устранение последствий и штрафов. Штрафы можно рассматривать как меры наказания за нанесение ущерба окружающей среде в соответствии с законодательными требованиями. Ущерб окружающей среде может нанести ущерб обществу. Такие последствия также должны быть учтены при определении оценки последствий отказа. На рисунке 10 приведен пример логического решения при определении элементов затрат, связанных с последствиями для окружающей среды.

Аналогичная модель для определения оценки последствий отказа, связанных с воздействием на бизнес, включает затраты по прямым и косвенным причинам

$$C_o F_E = C_{LP} + C_{PC} + C_{SC} + C_{ID} \quad , \qquad (3)$$

где C_{LP} – затраты на производственные потери;

C_{PC} – затраты на восстановление при первичном отказе (отказ элемента, участвующего в выполнении первоначальной функции);

C_{SC} – затраты на восстановление при вторичном отказе или восстановление дефектных элементов;

C_{ID} – косвенные затраты.

Затраты определяют значимость воздействий, которые могут быть ранжированы при определении оценки последствий отказа, например, с использованием шкалы «незначительные», «ограниченные» и т.п. При этом степень распространения повреждения может также помочь оценить воздействие на бизнес.

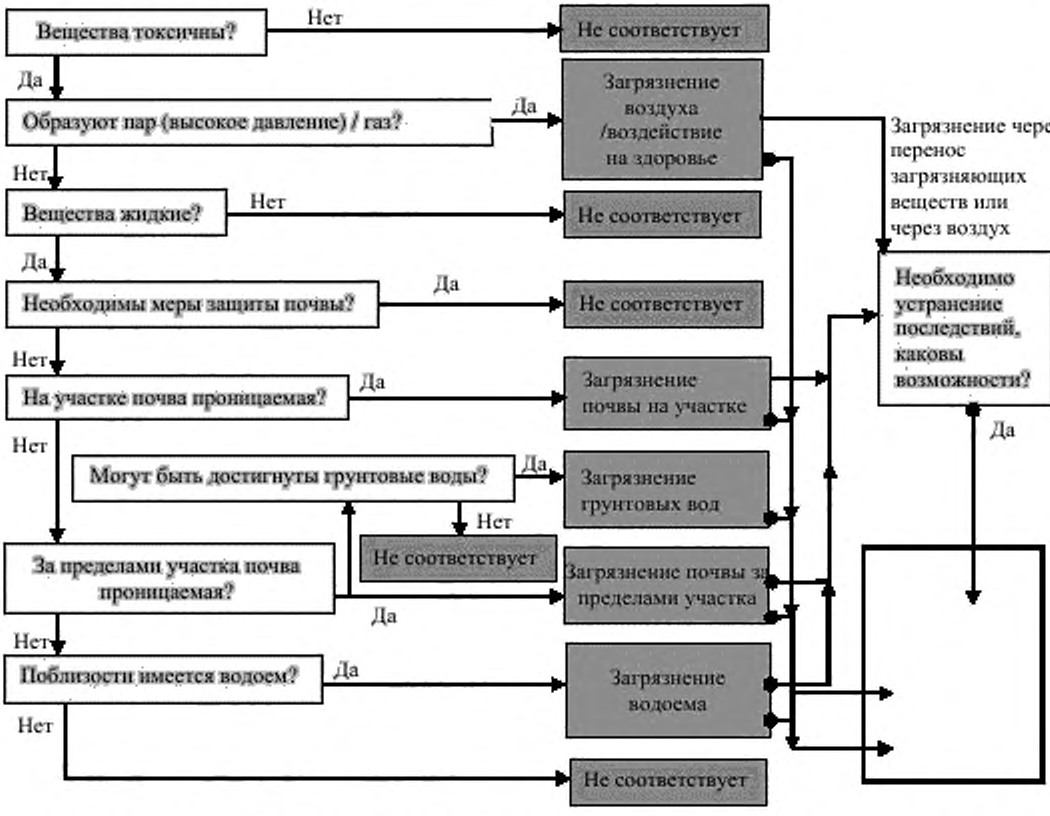

Рисунок 10 – Пример логического решения при определении оценки последствий отказа для окружающей среды в системе RIMAP

Д. Определение оценки риска

После определения оценок вероятности и последствий отказа для охраны здоровья, обеспечения безопасности и защиты окружающей среды, необходимо определить риск для бизнеса. Результаты могут быть представлены в виде матрицы риска (см. рисунок 12). Отдельные матрицы должны быть использованы для каждого типа риска, что обеспечивает возможность их сопоставления. В матрице риска представлен риск за конкретный период времени.

Часто целесообразно ранжировать оцененные компоненты и элементы в соответствии с уровнем риска. Это может помочь сконцентрировать или ослабить усилия по проверкам и техническому обслуживанию конкретных элементов и компонентов. Если риски установлены в денежном выражении, то инвестиции могут быть снижены исходя из экономии на проверках и техническом обслуживании, от которых можно отказаться в соответствии с полученными оценками. Решение должно быть принято на основе приемлемого уровня риска.

Уровень риска	Критерии принятия решений / действий
Очень высокий	Определение необходимых проверок и программы технического обслуживания для снижения риска. Необходимо обновление/модификация оборудования
Высокий	Определение необходимых проверок и программы технического обслуживания для снижения риска. (Комментарий: риск может быть приемлемым, если основными критериями являются – экономические потери, безопасность, потеря имиджа и угрозы для общества)
Средний	Проверка возможности снижения риска при проверках и техническом обслуживании по более низкой цене. Необходимо найти оптимальные затраты
Низкий	Если отсутствуют план проверок и программы технического обслуживания, то требуется детальный анализ риска. В противном случае необходимо найти оптимальные затраты

Рисунок 11 – Пример критериев принятия решений / действий для различного уровня риска, приведенный в виде матрицы риска

5.3.3.5 Выходные данные

Результатами оценки риска обычно являются следующие:

- значение оценки вероятности отказа для рассматриваемой части оборудования;
- значение оценки последствий отказа для рассматриваемой части оборудования;
- затраты на риск и категория риска на основе рисунка 12.

5.3.3.6 Опасности и ограничения по применению

Необходимо отметить, что для получения оценки вероятности отказа обычно необходимы более подробные данные и, следовательно, она более информативна, чем оценка последствий отказа. Поэтому некоторые организации предпочитают проводить скрининг системы и группы компонентов только на основе последствий отказов. Такое решение является приемлемым, даже если первоначально были предложены иные методы оценки.

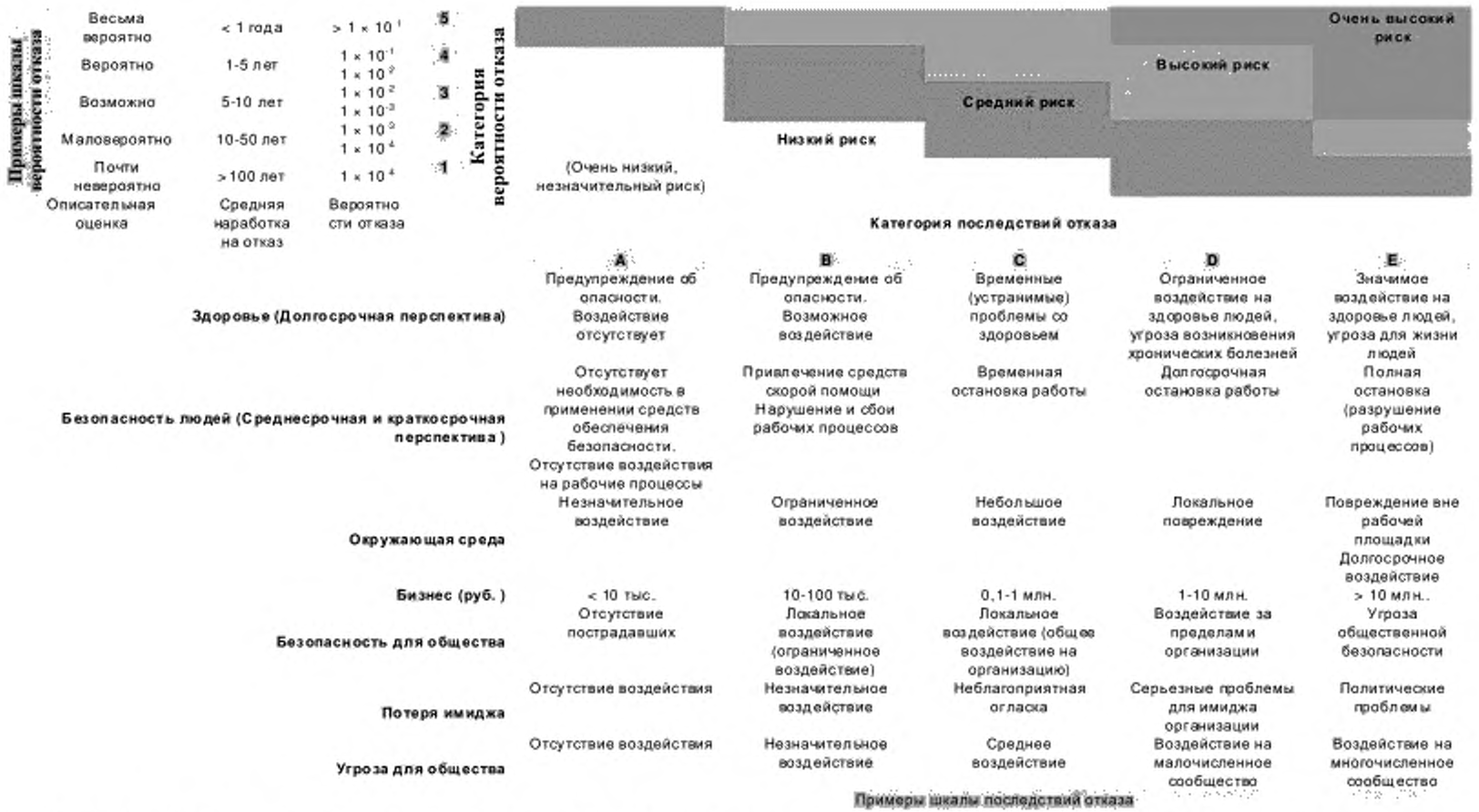

Рисунок 12 – Пример матрицы риска для детальной оценки, включая показатели влияния на здоровье, безопасность, окружающую среду и экономические риски по четырем категориям риска

5.4 Принятие решений /планирование

5.4.1 Общее описание и область применения

Консервативный (гарантированный) подход к проверкам и техническому обслуживанию является эффективным подходом в ситуации, когда действия по снижению риска менее затратные, чем разработка оптимального плана проверок и технического обслуживания. Для повседневного управления проверками и техническим обслуживанием установлена их точная периодичность и программы. В данном разделе приведено описание структуры принятия решения при определении стратегии проверок и технического обслуживания.

Потребность в проверках и техническом обслуживании напрямую зависит от таких показателей как:

- износ и низкая надежность машин/оборудования;
- ненадежность работы операторов при эксплуатации, проверках и техническом обслуживании машин/оборудования;
- законодательные и обязательные требования;
- внешние воздействия (землетрясение, непогода и т.д.);
- значимость последствий отказов.

План действий должен включать:

- анализ функционирования;
- условия мониторинга.

Программы проверок и технического обслуживания должны быть установлены в соответствии с оценками надежности и риска, а также юридическими и законодательными требованиями. Потребность в техническом обслуживании, вызванная ошибками человека и влиянием внешних воздействий, обычно не рассматривают как часть программы проверок и технического обслуживания.

Неспособность элемента выполнять заданную функцию часто связана с причиной отказа, являющейся следствием его использования или технического обслуживания. Стратегия проверок и технического обслуживания направлена на предотвращение материальных потерь, нанесения ущерба окружающей среде, повышения срока службы или снижения потерь активов.

5.4.2 Требования

Разработка плана RBIM должна быть выполнена опытным персоналом, обладающим компетентностью, включающей:

- достаточные знания в области риска, оценки вероятности отказа, последствий и проверок оборудования в соответствии с законодательными и обязательными требованиями;
- знания в области выполнения ремонта и работы с исследуемыми средствами производства (системами, оборудованием или компонентами). В целом требуются знания в области надежности и опыт работы в производственной сфере или в области технического обслуживания аналогичных средств производства.

Вовлеченный персонал должен иметь доступ ко всем необходимым данным и результатам анализа риска. План RBIM должен содержать детальное описание всех этапов выполнения стратегии проверок и технического обслуживания для достижения запланированного уровня снижения риска, установленного анализом и процессами RBIM.

5.4.3 Входные данные

При разработке RIMAP необходимо зарегистрировать методы определения и прогнозирования механизмов развития отказов, а также методы оценки последствий отказа и вероятности отказа. Данные об идентифицированных механизмах повреждения, последствиях отказа, вероятности отказа и связанной оценке риска используют в качестве входных данных для установления методов проверок и технического обслуживания, направленных на охрану здоровья, продление срока службы оборудования, защиту окружающей среды и активов.

5.4.4 Процедура

Предложенная структура принятия решения разделена на основной уровень и уровень проверок и технического обслуживания. Основной уровень показан на рисунке 13 и учитывает следующие факторы:

- возможность устранения причины отказа;
- риск для персонала при выполнении проверок и технического обслуживания;
- риск появления новых причин отказа.



Рисунок 13 – Основной уровень структуры принятия решений

В случае, если изменение стратегии проверок и технического обслуживания невозможна, то могут быть введены технические (например, в робототехнике) или организационные (например, в обучении) критерии снижения риска для персонала и возможности появления новых видов отказов.

Логическое решение должно удовлетворять трем основным целям:

– обеспечение систематической оценки необходимости проведения превентивного технического обслуживания;

– обеспечение последовательности оценки различных систем оборудования;

– упрощение документирования полученных выводов.

Если установлена стратегия проверок и технического обслуживания, то также должны быть определены метод, периодичность и степень контроля, направленные на обеспечение постоянной приемлемости риска и оптимизацию затрат. Это может быть достигнуто путем установления мер по снижению риска для каждого элемента (по каждой проблеме), которые позволяют сохранить приемлемые границы риска, и уменьшить объем мероприятий по проверкам и техническому обслуживанию элементов, риск которых ниже установленных границ приемлемости. Следует определить влияние альтернативных мер по снижению риска, таких как затраты на эти мероприятия.

5.4.5 Выходные данные

Обычно используемое логическое решение дает возможность определить наиболее оптимальные стратегии проверок и технического обслуживания на основе оценки критичности состояния, возможности обнаружения повреждений и характеристик отказов. Результатами логического решения обычно являются:

– устранение причины отказа;

– регулярное проведение испытаний/проверок;

– время и условия основного технического обслуживания;

– проведение оперативного технического обслуживания;

– проведение корректирующего технического обслуживания.

5.4.6 Опасности и ограничения по применению

Выбор методов снижения риска должен быть основан на оптимизации затрат с учетом существующих ограничений, таких как приемлемый риск, связанный с обеспечением безопасности и здоровья людей, охраной окружающей среды.

5.5 Выполнение и отчетность

5.5.1 Общее положение

Выходные данные плана RBIM являются входными данными для планирования и составления плана-графика проверок и технического обслуживания оборудования и его элементов для всех

вовлеченных отделов, подразделений и подрядчиков. Результаты разработки плана RBIM обычно включают элементы оборудования, подлежащие техническому обслуживанию, и стратегии технического обслуживания, такие как устранение риска путем мониторинга, проверки функционирования и улучшения функционирования процессов, эксплуатации и/или технического обслуживания, проверок, модификаций, ремонта, замены или работы с отказами. Существует три вида работ по техническому обслуживанию (см. таблицу 10).

Таблица 10 – Основные типы технического обслуживания

Вид технического обслуживания	Процедура	Кто выполняет
1. В процессе эксплуатации	Не требует остановки работы оборудования	Операторы/персонал организации / специалисты
2. При краткосрочной остановке эксплуатации оборудования	Краткосрочная остановка работы оборудования на срок до одной недели для устранения износа оборудования или замене элементов оборудования, (катализаторы, фильтры и т.д.)	Персонал организации / специалисты /подрядные организации
3. При длительной остановке эксплуатации оборудования	Длительная остановка оборудования для серьезной модификации, ремонта, проверки, модернизации процесса	Персонал организации / подрядные организации

5.5.2 Входные данные

Основными входными данными для планирования и отчетности являются результаты анализа RBIM, охватывающего оборудование, подлежащее техническому обслуживанию.

Входными данными являются результаты оценки риска, которые могут включать следующие данные:

1 Ранжирование риска для различного оборудования.

2 Определение цели проверки и технического обслуживания.

3 Установление календарного плана-графика работ.

4 Определение необходимых видов работ и квалификации персонала, а также планового времени выполнения задач.

5 Установление необходимости в частичной или полной остановке оборудования.

6 Определение зависимости между работой оцениваемых единиц оборудования и других компонентов.

7 Определение необходимых инструментов и запасных частей.

5.5.3 Процедура

Работы по техническому обслуживанию обычно состоят из работ, установленных на основе трех различных источников (рисунок 14):

1. Планы предупреждающих действий, определенных на основе RBIM (техническое обслуживание в соответствии с условиями работы или календарным планом).

2. Корректирующее техническое обслуживание, вызванное необходимостью устранения отказов.

3. Идентификация отказов на основе мониторинга состояния оборудования (RBIM рекомендует мониторинг наработки до отказа) и включают действия, приведенные в таблице 11.

Таблица 11 – Выполнение технического обслуживания и отчетность

Вид деятельности	Описание
Выбор производственной программы на основе оценки риска	Выбор производственной программы на основе оценки риска используют для расстановки приоритетов работ по техническому обслуживанию для выполнения задач по корректирующим и предупреждающим действиям. Опыт показал, что приблизительно 40 % задач по корректирующим действиям могут быть выполнены в течении нескольких недель. Выбор программы направлен на выбор оптимального варианта и графика выполнения технического обслуживания. Однако выбор программы не может ни заменить анализ риска RBIM, ни отложить надолго задачи по техническому обслуживанию.
Выполнение работ по техническому обслуживанию	Выполнение работ включает: – установление порядка работы; – пригодность вспомогательной документации; – использование анализа, связанного с обеспечением безопасности и здоровья людей, охраной окружающей среды, оценки риска, методов управления и средств контроля выполнения работ.
Инструменты и базы данных	При современной организации технического обслуживания используют компьютеризированную систему управления техническим обслуживанием. Эта система обычно содержит следующую информацию: – выход из строя оборудования (структура); – ключевая техническая информация; – планы технического обслуживания; – порядок управления работами (технологический процесс, характерные особенности); – отчетность по выполнению технического обслуживания; – модуль отчетности и анализа. В рамках RBIM (виды отказов, интенсивность отказов и их последствия) минимальными требованиями к системе является наличие оценок риска или ссылок на документы их содержащие.
Отчетность и документация по выполняемым работам	Основными целями составления документации по выполняемому техническому обслуживанию является получение информации о: – техническом состоянии оборудования до и после выполнения работ. Информация о виде деградации, масштабах повреждений необходима для планирования будущих работ. В документации могут быть отражены код, описание и изображение отказа; – управлении затратами и графиком работ, в том числе о количестве необходимых человеко-часов, запасных частей и инструментов; – точных результатах анализа и обновления планов по техническому обслуживанию (отчетность по техническому обслуживанию). Несоответствующее качество этой части работы может стать причиной неоптимального планирования на основе оценки риска.
Анализ	Результаты работ по проверкам и техническому обслуживанию необходимо регулярно (ежемесячно, ежеквартально и ежегодно) анализировать и отражать в отчетности RBIM. Эта отчетность должна содержать информацию относительно: – отставания в работе (по отношению к плану); – сбои в работе оборудования, обеспечивающего поддержание давления; – аварийных незапланированных работах; – готовности основной системы производства, потерях связанных с техническим обслуживанием; – надежности систем безопасности; – анализа тенденций основных параметров, характеризующих готовность, целостность и надежность

5.5.4 Выходные данные

Результатами выполнения технического обслуживания являются предупреждающее техническое обслуживание оборудования, основанное на анализе RBIM, и корректирующее техническое обслуживание, управляемое на основе принципов менеджмента риска. В результате риск отказа должен находиться под контролем и быть снижен до приемлемого уровня. Кроме того, результаты работ должны быть документированы и доведены до сведения ответственных лиц, а также использованы для постоянного улучшения технического обслуживания.

5.5.5 Опасности и ограничения по применению

Качество и возможности реализации плана RBIM зависят от входных данных. Для достижения успешной реализации плана RBIM крайне важно включить во входные данные информацию о текущей работе оборудования, процессе, техническом обслуживании и экспертных оценках. Необходимо обеспечивать соответствие плана RBIM законодательным и обязательным требованиям и политике организации. Если необходимо мнение независимых экспертов, то такие специалисты должны быть привлечены к работе для успешной разработки и выполнения плана RBIM.

5.6 Анализ выполнения работ , постоянное улучшение

5.6.1 Общее описание и область применения

Целью анализа процесса принятия решений, основанного на оценке риска, является оценка его эффективности и воздействия при установлении программ проверок и технического обслуживания. Это позволяет идентифицировать области, где необходимы изменения и улучшения.

Оценка включает следующие задачи:

– оценка эффективности процесса принятия решений, основанного на оценке риска, для достижения поставленных целей (оценка эффективности);

– постоянное и регулярное улучшение процесса принятия решений, основанного на оценке риска, с учетом возможного изменения оборудования и получения новых знаний (переоценка риска).

5.6.2 Требования

Процесс оценки включает внутреннюю и внешнюю оценку, проведенную специалистами организации и/или независимыми экспертами.

Внутренняя оценка оборудования организации является неотъемлемой частью деятельности RBIM, которая должна учитываться в процессе принятия решений о приемлемости совокупного риска.

Внутренняя оценка может проводиться на всех этапах RBIM, особенно в случае:

– выявления несоответствия между фактическими и требуемыми показателями;

– получения новых знаний или изменения оборудования.

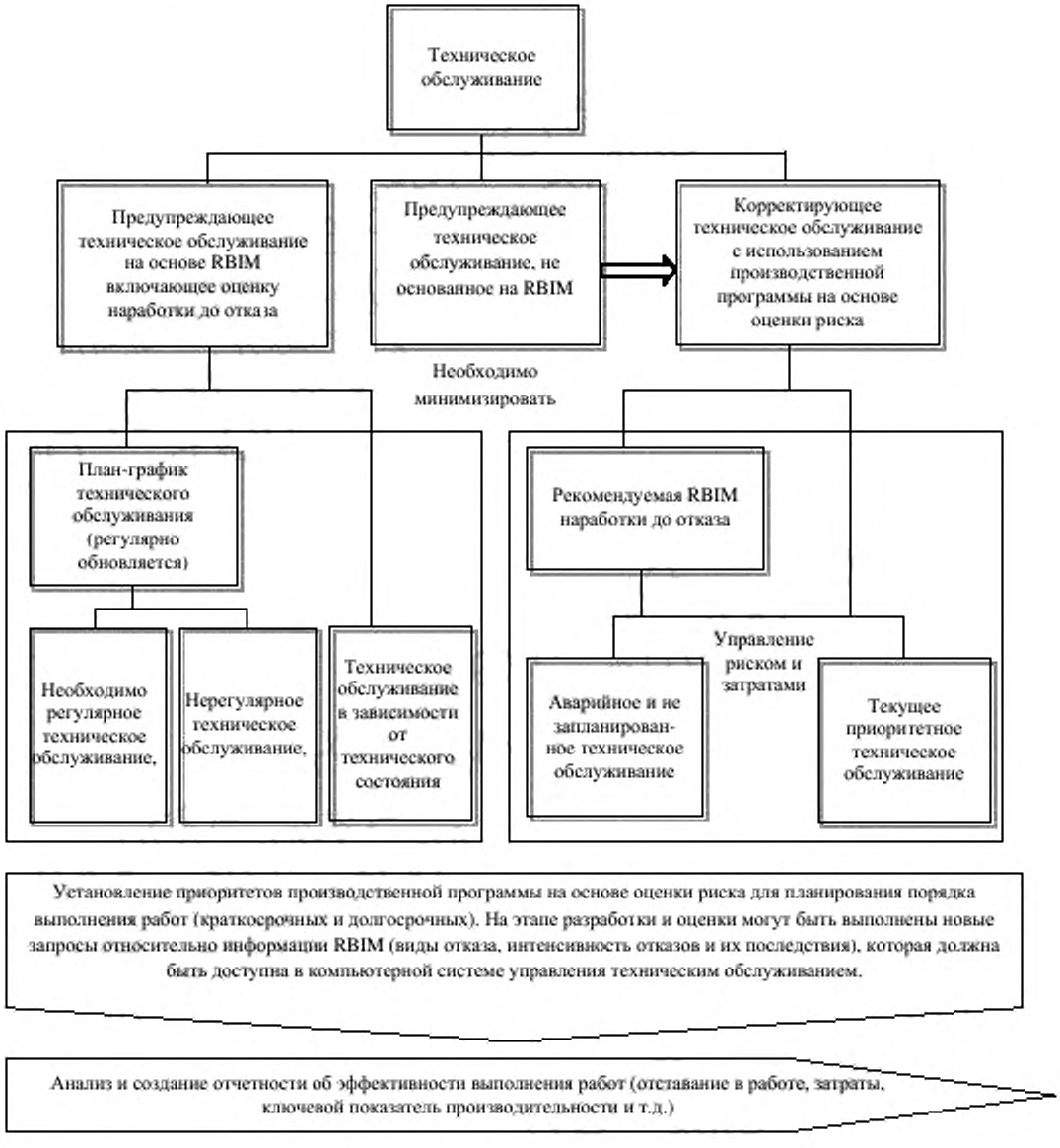

Рисунок 14 – Детальное планирование

В обоих случаях должен быть проведен детальный анализ каждого случая (несоответствия или появления новых знаний об оборудовании). Этот анализ должен помочь оценить влияние этих случаев на процесс RBIM и определить необходимые корректирующие действия. В последнем случае должен быть выполнен полный анализ причин несоответствия или воздействия новых знаний об оборудовании.

Внешняя оценка может быть выполнена путем проведения независимого анализа внешними или регулирующими органами (например, аудит). Независимый анализ дает возможность дополнить внутреннюю оценку различными и независимыми мнениями. Необходимо отметить, что важность информации, полученной от независимых сторон, прямо пропорциональна открытости и сотрудничеству персонала организации при работе с внешними экспертами в процессе аудита. Объединение результатов независимого анализа с результатами внутренней оценки позволяет идентифицировать необходимые действия по улучшению.

5.6.3 Входные данные

Для оценки эффективности процесса принятия решений, основанного на оценке риска, могут быть использованы, например, следующие действия:

– определение целей процесса принятия решений на основе риска (риск может быть выражен по отношению к его воздействию на безопасность, здоровье, окружающую среду и бизнес).

– определение показателей выполнения целей, как показателей достижения процессами RBM/RBLM соответствия целям. Необходимо отметить, что для получения значимой оценки выполнения целей необходимо рассмотреть график достижения различными показателями поставленных целей. Это особенно важно, когда выявлено соотношение между результатами выполнения работ и потенциальными причинами. Это может быть значимо для оценок на более продолжительный период времени. Например, затраты на проверки и техническое обслуживание за год влияют на коэффициент готовности за определенный период времени (после завершения этого года);

– сопоставление с действующими стандартами;

– сопоставление с аналогичными операциями в организации.

Для переоценки риска необходимы:

А) информация об оборудовании:

– изменения конструкции;

– изменения в эксплуатации оборудования (назначении, режимах, производительности, емкости, внутренних и внешних условий);

– изменения рабочих условий с увеличением времени эксплуатации (например, вызывающих усталость, образование трещин и т.п.);

– изменения в управлении оборудованием;

– изменение уровня квалификации персонала;

– получение информации об отраслевом опыте эксплуатации;

– результаты проверок (значения параметров механизма развития отказа или деградации);

– записи о техническом обслуживании.

Б) новые знания:

– результаты научно-исследовательских работ;

– улучшения в процессе менеджмента риска;

– современные методы проверок;

– история фактических отказов систем/компонентов;

– вновь выявленные механизмы деградации (отсутствие / присутствие непредвиденных механизмов деградации);

– новые данные относительно эффективности испытаний и контроля.

5.6.4 Процедура

Для оценки эффективности необходимо сочетание качественной отчетности, учитывающей выполнение целей бизнеса, и внешнего аудита оборудования. Аудит может быть выполнен с помощью внутренних ресурсов (обычно для больших организаций), владельца процесса или независимых третьих лиц. Существует четыре основных метода или подхода, применяемых к оценке эффективности.

Отчетность о ключевых показателях выполнения работ

Ключевые показатели выполнения работ используют для экономической оценки работы оборудования. Ключевые показатели выполнения работ должны отражать основные цели эксплуатации оборудования, организации или ее владельцев. Эти цели могут изменяться со временем. Например, цели для оборудования могут меняться от показателей готовности в начале эксплуатации до показателей затрат на техническое обслуживание и ремонт на более поздних

стадиях эксплуатации оборудования. Пример набора ключевых показателей выполнения работ с точки зрения владельца приведены в таблице 12.

Таблица 12 – Примеры ключевых показателей производительности и соответствующих им целей

Цели	Ключевые показатели производительности
Повышение безопасности и улучшение состояния окружающей среды	Сумма инцидентов в области безопасности и экологии
Повышение процента использования активов	– Совокупная эффективность оборудования. – Коэффициент использования в %. – Утилизация и вывод из эксплуатации
Повышение прибыли на инвестированный капитал (доход от инвестиций)	Доход на используемый капитал
Повышение возврата средств от инвестиций в активы	Производительность активов
Минимизация инцидентов в области безопасности и экологии	Инциденты в области безопасности и экологии
	Поломки, зависящие от вида оборудования, времени дня, наличие ручного труда, возраста персонала, области применения и т.д.
Снижение затрат на единицу продукции	Затраты на единицу продукции
Снижение упущенной выгоды	Упущенная выгода
Снижение затрат на техническое обслуживание	– Ежегодные затраты на техническое обслуживание / затраты на восстановление активов; – Затраты на техническое обслуживание; – Затраты на подрядные работы, среднее значение за месяц; – Затраты на предупредительное техническое обслуживание по видам оборудования; – Затраты на техническое обслуживание на единицу выпущенной продукции; – Затраты на прогнозируемое техническое обслуживание по видам оборудования; – Незапланированные затраты в % от общих затрат на техническое обслуживание.

Валидация эффективности рабочего процесса

При валидации (бенчмаркинге) методов, применяемых в процедуре RIMAP, обычно используют бальную оценку и контрольные листки. Перечень особенностей для метода RIMAP (таблица 13) может быть использован в качестве инструмента валидации самого метода RIMAP, а также валидации других методов.

Результаты валидации могут быть использованы для сравнения различных методов. Предложенный метод валидации предоставляет больше информации для проверки и утверждения метода (например, глава и/или параграф документации, в которых приведена наиболее ценная информация, оценка специфических особенностей и т.д.), а так же комментарии и предложения для определения действий по улучшению.

Рейтинг (оценку в баллах) индивидуальных особенностей метода проводят в соответствии со шкалой от 1 до 5, где:

Оценка 1 соответствует низкому уровню и/или качеству данных, знаний, доверия, точности, управления, информации или опыта. Ответы «или» и «нет».

Оценка 5 соответствует высокому уровню и/или качеству данных, знаний, доверия, точности, управления, информации или опыта. Ответы «или» и «да».

Более подробное соответствие оценок:

оценка 5 – превосходно, превышение требований;

оценка 4 – соответствие требованиям;

оценка 3 – необходимость улучшений;

оценка 2 – требования выполнены частично, не приемлемо;

оценка 1 – требования не выполнены, необходимо дополнение.

Внутренний анализ

Внутренняя оценка оборудования организации является неотъемлемой частью деятельности по RBIM. Внутренняя оценка должна быть рассмотрена как часть процесса принятия решений на основе оценки совокупного риска.

Внешний анализ

Внешняя оценка может быть выполнена путем проведения независимого анализа внешними или регулирующими органами (например, аудит). Независимый анализ дает возможность дополнить внутреннюю оценку различными и независимыми мнениями. Необходимо отметить, что важность информации, полученной от независимых сторон, прямо пропорциональна открытости и сотрудничеству персонала организации при работе с внешними экспертами в процессе аудита. Объединение результатов независимого анализа с результатами внутренней оценки позволяет идентифицировать необходимые действия по улучшению:

а) системы общего менеджмента.

б) отчетности.

в) качества работ (необходимости повторной работы).

г) определения и отчетности по ключевому показателю производительности:

- статусу системы безопасности,
- производству,
- качеству;

д) эффективного использования экспертизы.

5.6.5 Выходные данные

5.6.5.1 Оценка эффективности

Оценка эффективности стратегии проверок / технического обслуживания:

1 Регулярные отчеты о результатах внутреннего анализа.

2 Отчеты о результатах внешнего аудита.

3 Перечень несоответствий требованиям и ожиданиям.

4 Систематический анализ причин несоответствий (если применимо).

5 Предложения по улучшению.

5.6.5.2 Повторная оценка риска.

После получения выходных данных следующим шагом процедуры RIMAP является повторная оценка риска. Действия по повторной оценке риска включают:

1 Периодические отчеты о результатах внутреннего анализа.

2 Отчеты о результатах внешнего аудита.

3 Мониторинг и обратную связь о рабочем процессе.

4 Обратную связь о внедрении новых знаний.

5 Предложения о действиях по улучшению.

5.6.6 Опасности и ограничения по применению

Модификация процесса, а так же внесение изменений и/или ремонт установок должны быть разработаны и выполнены в соответствии с утвержденной документированной процедурой. Эта процедура может включать оценку возможных последствий внесения изменений для целостности установки, а так же способы авторизации. Вся информация должна быть включена в базу данных об оборудовании и доступна для анализа группой RBIM.

Таблица 13 – Пример оформления контрольного листка валидации особенностей для метода RIMAP

Особенность / Объект / Аспект		Объяснение	Оценка (1-5)	Обоснование (если оценка ≤ 3)	Предложения по улучшению
1 Требования к техническому обслуживанию и проверке на основе риска					
1.1	Существуют ли ссылки на опубликованную информацию?	Требования к интегрированному менеджменту и проведению проверок потенциально опасного оборудования могут быть установлены путем ссылки на законодательство в области охраны здоровья и безопасности, промышленные стандарты и руководства и другую документацию. Подобные ссылки могут помочь получить ценную информацию об опасностях и средствах контроля	3	-	Необходимо большее количество ссылок в документах
1.2	Существуют ли причины / управляющие параметры для внедрения подхода на основе оценки риска	Главной целью менеджмента на основе оценки риска является понимание риска отказа потенциально опасного оборудования и его снижение до приемлемого уровня для организации и общества. Проверки на основе оценки риска должны быть направлены на области с потенциально высоким риском. Все цели подхода, основанного на оценке риска, должны быть точно сформулированы в начале процесса. Может быть рассмотрен широкий диапазон последствий отказа, но как минимум, должны быть исследованы последствия для здоровья и безопасности персонала и общества, воздействия на окружающую среду и бизнес. Риск, связанный с каждым из этих последствий, следует рассматривать отдельно, и для каждого риска должны быть установлены действия по управлению. Должны быть выделены соответствующие ресурсы на управление риском, при этом ограниченность ресурсов не должна повлиять на управление риском в области защиты здоровья и окружающей среды, а также обеспечения безопасности	5	-	Основной целью всех документов RIMAP является выявление управляющих параметров риска и снижение риска.
1.3	Доступность, точность и достаточность информации	Оценка риска зависит от доступности и точности информации, связанной с исследуемыми системами и оборудованием. Качественная информация может помочь обосновать низкий риск, но сама по себе не гарантирует, что риск на самом деле низкий. Если существует недостаток информации (информация не доступна или не точна), то риск будет повышен, так как нельзя обосновать, что неблагоприятные обстоятельства отсутствуют. Тип информации, требуемой для оценки риска, зависит от вида оборудования, при этом его следует идентифицировать в начале работы. Существенные данные, необходимые для оценки риска, должны быть доступны в базе данных для оборудования. Если существенные данные отсутствуют, то необходимо провести мероприятия по сбору недостающей информации или применить необходимые процедуры проверок	4	Качество данных по многим пунктам является недостаточным (см. предварительный анализ)	-

Библиография

[1] ГОСТ Р 51901.11 – 2006 (МЭК 61882:2001) Менеджмент риска. Исследование опасности и работоспособности. Прикладное руководство

[2] ГОСТ Р 51901.3 - 2007 (МЭК 60300-2:2004) Менеджмент риска. Руководство по менеджменту надежности

[3] ГОСТ Р 51901.5–2005 (МЭК 60300-3-1:2003) Менеджмент риска. Руководство по применению методов анализа надежности

[4] ГОСТ Р 51901.6–2005 (МЭК 61014:2003) Менеджмент риска. Программа повышения надежности

[5] ГОСТ Р 51901.15–2005 (МЭК 61165:1995) Менеджмент риска. Применение марковских методов

[6] ГОСТ Р 51901.14 – 2007 (МЭК 61078:2006) Менеджмент риска. Структурная схема надежности и булевы методы

[7] ГОСТ Р 27.302-2009 Надежность в технике. Анализ дерева неисправностей

УДК 658:562.2:57.081:006.354 **ОКС 07.100.01**

Ключевые слова: риск, менеджмент риска, оценка риска, отказ, вероятность отказа, анализ риска, техническое обслуживание

Подписано в печать 01.09.2014. Формат 60x84 1/8.
Усл. печ. л. 6,51. Тираж 57 экз. Зак. 2989.
Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ»
123995 Москва, Гранатный пер., 4.

gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru