



ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ
СТАНДАРТ
РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

ПНСТ
725—
2024

Нефтяная и газовая промышленность СИСТЕМЫ ПОДВОДНОЙ ДОБЫЧИ

Квалификация технологии. Методические указания

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2024

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Обществом с ограниченной ответственностью «Газпром 335» (ООО «Газпром 335»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 023 «Нефтяная и газовая промышленность»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 6 февраля 2024 г. № 5-пнст

Правила применения настоящего стандарта и проведения его мониторинга установлены в ГОСТ Р 1.16—2011 (разделы 5 и 6).

Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии собирает сведения о практическом применении настоящего стандарта. Данные сведения, а также замечания и предложения по содержанию стандарта можно направлять не позднее чем за 4 мес до истечения срока его действия разработчику настоящего стандарта по адресу: inf@gazprom335.ru и/или в Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии по адресу: 123112 Москва, Пресненская набережная, д. 10, стр. 2.

В случае отмены настоящего стандарта соответствующая информация будет опубликована в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты» и также будет размещена на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (www.rst.gov.ru)

© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2024

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

II

Содержание

1 Область применения1

2 Нормативные ссылки1

3 Термины и определения1

4 Сокращения2

5 Общие положения2

6 Подход и принципы квалификации технологии4

7 Программа квалификации технологии5

8 Процесс квалификации базовой технологии7

9 Основа квалификации технологии9

10 Оценка технологии9

11 Оценка угрозы12

12 План квалификации технологии18

13 Выполнение плана квалификации технологии24

14 Оценка эксплуатационных характеристик25

Введение

Создание и развитие отечественных технологий и техники для освоения шельфовых нефтегазовых месторождений должно быть обеспечено современными стандартами, устанавливающими положения для проектирования, строительства и эксплуатации систем подводной добычи. Для решения данной задачи Министерством промышленности и торговли Российской Федерации и Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии реализуется «Программа по обеспечению нормативной документацией создания отечественной системы подводной добычи для освоения морских нефтегазовых месторождений». В объеме работ программы предусмотрена разработка национальных и предварительных национальных стандартов, областью применения которых являются системы подводной добычи углеводородов.

Целью разработки настоящего стандарта является установление единых правил и общих положений для квалификации технологий, используемых в системах подводной добычи углеводородов.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Нефтяная и газовая промышленность

СИСТЕМЫ ПОДВОДНОЙ ДОБЫЧИ

Квалификация технологии.

Методические указания

Petroleum and natural gas industry. Subsea production systems.
Technology qualification. Methodology guideСрок действия — с 2024—06—30
до 2027—06—30

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает общие методические указания по квалификации технологий, используемых в системах подводной добычи углеводородов.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ ЕН 1070 Безопасность оборудования. Термины и определения

ГОСТ Р 54147 Стратегический и инновационный менеджмент. Термины и определения

ГОСТ Р 59304 Нефтяная и газовая промышленность. Системы подводной добычи. 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 и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ Р 59304, ГОСТ ЕН 1070 и ГОСТ Р 54147, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1

достоверность (reliability): Свойство соответствия предусмотренному поведению и результату.
[ГОСТ Р ИСО/ТО 13569—2007, пункт 3.54]

3.2 **свидетельства** (evidence): Данные, используемые для квалификации, включающие эмпирические данные, прогнозы на основе проверенных моделей и экспертные оценки.

4 Сокращения

- ВГД — вычислительная гидродинамика;
МКЭ — метод конечных элементов;
ОК/КК — обеспечение качества/контроль качества;
ООС — охрана окружающей среды;
ОТ — охрана труда;
ТБ — техника безопасности;
FME(C)A — анализ видов, последствий и критичности отказов (failure modes, effect (and criticality) analysis);
FT — дерево отказов (fault tree);
HAZID — идентификация опасностей (hazard identification);
HAZOP — анализ опасности и работоспособности (hazard and operability study);
RBD — блок-схема расчета надежности (reliability block diagram);
TRL — уровень готовности технологии (technology readiness level).

5 Общие положения

5.1 Основание для квалификации

Основанием для квалификации являются инновационные технологии, не учтенные в существующих нормах и правилах.

Квалификация должна основываться на функциональных характеристиках, определенных в основе квалификации технологии.

5.2 Стороны, выполняющие квалификацию

Квалификацию может выполнить владелец технологии, покупатель, разработчик или сторонняя организация.

5.3 Альтернативные методы

Методы, альтернативные методам, указанным в настоящем стандарте, могут использоваться при условии, что они подкрепляются эквивалентными доказательствами пригодности их применения.

5.4 Результаты квалификации технологий и их использование

Результатом квалификации является документальное подтверждение того, что технология соответствует условиям и целям использования, что подразумевает:

- установление распределения плотности вероятностей для срока службы;
- определение надежности;
- достаточные запасы установлены относительно определенных видов отказа или касательно определенных целевых показателей производительности.

В случае если результаты квалификации неудовлетворительны, результатом является документирование всех собранных доказательств и определение тех положений, которые были выполнены, и тех, которые не были выполнены с использованием доступных ресурсов.

Результаты квалификации могут быть использованы:

- как разрешение к внедрению технологии;
- как основа для сравнения альтернативных технологий;
- в качестве вклада в оценку надежности более крупной системы;
- как документация о состоянии/статусе квалификации технологии;
- в документировании соответствия нормативным положениям.

5.5 Документация

Окончательный комплект документов включает в себя следующее:

- а) технологию:
 - 1) изложение цели технологии;
 - 2) функциональные характеристики технологии;
 - 3) чертежи общего вида с номерами позиций, относящимися к перечню деталей и идентификации материалов, а также компоновочные чертежи;
 - 4) характеристики материалов, включая документацию их работы в предполагаемых условиях эксплуатации и наличие опыта эксплуатации в этих условиях. Это включает в себя всю информацию, необходимую для обеспечения прослеживаемости от спецификаций до изготовления и сборки;
 - 5) подробные чертежи деталей, подлежащих квалификации;
 - 6) схемы процессов и приборной панели, включая системы управления и безопасности;
 - 7) план обеспечения качества;
- б) критерии проектирования:
 - 1) ссылки с обоснованием на применяемые стандарты, нормы и правила;
 - 2) ссылка на другие критерии проектирования;
- в) документирование ключевых элементов процесса квалификации технологии, описанного в настоящем стандарте:
 - 1) состав технологии и оценка новых элементов;
 - 2) оценка угроз, включая определение компетенций персонала и учет вида отказа;
 - 3) перечень всех предположений, сделанных в окончательной оценке угрозы;
 - 4) все квалификационные свидетельства, внесенные в технологический процесс квалификации;
 - 5) описание и обоснование методов (процедур, опыта, анализа и испытаний), применяемых в квалификационных мероприятиях;
 - 6) все результаты квалификационных мероприятий;
 - 7) документирование результирующих вероятностей или видов отказа;
 - 8) предельные значения (максимальные или минимальные) для функций в расчетах и испытаниях, таких как мощность насоса;
 - 9) надежность системы;
- г) изготовление и монтаж:
 - 1) процедуры (инструкции) по изготовлению и производству;
 - 2) спецификация на материалы (включая соответствующие сертификаты);
 - 3) производственные записи (журналы контроля, протоколы испытаний и т. д.);
 - 4) записи, подтверждающие наличие требуемой квалификации персонала;
 - 5) инструкции по монтажу и отчетная документация о монтаже (записи);
- д) эксплуатацию:
 - 1) эксплуатационная документация;
 - 2) специфика обслуживания с диапазоном допустимых условий окружающей среды и эксплуатации;
 - 3) программа управления состоянием с указанием предполагаемой стратегии проверки, технического обслуживания и ремонта, а также процедур проверки и технического обслуживания;
- е) изменения:
 - 1) учет всех изменений документации, включая содержание изменения.

5.6 Конфиденциальность

Конфиденциальность не должна исключать возможность квалификации технологии. Ограничения доступа к информации присутствуют.

Между сторонами должны быть заключены соглашения о конфиденциальности. Проверка документации квалификационной группой осуществляется по двум схемам:

- а) документация открыта для всей квалификационной группы;
- б) документация доступна отдельным экспертам, уполномоченным участвующими сторонами.

5.7 Нормативное обеспечение квалификации

Квалификация должна выполняться со ссылкой на общепризнанные и обоснованные стандарты, отраслевые практики или спецификации. Для технологий, в которых отсутствуют стандарты, отраслевая практика или спецификации, следует рассмотреть возможность использования документов, описывающих сопоставимые технологии, и в этом случае должны использоваться только соответствующие части и четкие ссылки.

5.8 Подтверждение и участие третьих лиц

Объем работ третьей стороны включает (как правило) следующее:

- оценку актуальности и полноты программы квалификации технологий и мероприятий в плане квалификации технологий;
- выполнение независимых расчетов и испытаний, с целью проверки обоснованности квалификационных доказательств и выводов;
- оценку и освидетельствование процесса квалификации технологии или специальных расчетов и испытаний, с целью подтверждения соответствия настоящему стандарту;
- подтверждение соответствия указанным стандартам.

Действия по верификации должны следовать плану. В плане необходимо четко обозначить рассматриваемый элемент технологической квалификации. Верификация должна сопровождаться отчетом или заявлением, которое удовлетворительно охватывает содержание настоящего стандарта.

6 Подход и принципы квалификации технологии

В настоящем стандарте реализован системный подход, чтобы гарантировать, что функциональные характеристики и связанные с ними механизмы отказа актуальны и полны. Общий подход должен быть следующим:

- процесс квалификации технологии основывается на систематическом подходе, основанном на оценке риска, и выполняется группой по квалификации, обладающей всеми необходимыми компетенциями;
- технология должна быть проверена для выявления инновационных элементов, поскольку они содержат наиболее значительную неопределенность. Эта неопределенность может быть связана с самой технологией, ее целевым использованием или предполагаемой операционной средой. Квалификационные мероприятия должны быть сосредоточены на этих инновационных элементах;
- когда неопределенности велики, следует выполнить итерации в процессе квалификации технологий для выявления и исправления отклонений;
- возможные виды отказа технологии должны быть идентифицированы. Их критичность должна устанавливаться на основе их риска и, предпочтительно, их вклада в общий системный риск;
- виды отказа, которые не определены, могут представлять риск. Этот остаточный риск снижается путем обеспечения использования соответствующих компетенций, путем оспаривания устоявшихся подходов и критических допущений во время квалификации (например, с помощью испытаний компонентов и прототипов) и путем принятия эволюционного подхода с постепенным развитием и первоначальным использованием в условиях, где риск ограничен;
- элементы технологии, которые не являются новыми, должны проверяться отдельно, в соответствии с утвержденным набором положений (например, из применимого стандарта или другой спецификации) с использованием того же уровня контроля, который будет применяться при проверке проверенных технологий;
- уровень квалификационных мероприятий должен быть достаточным для учета неопределенности, связанной с технологией, и соответствовать функциональным характеристикам (например, надежность, безопасность и эксплуатационные характеристики);
- когда это практически возможно, расчеты должны использоваться для выполнения положений для квалификации технологии (см. раздел 9);
- экспертное заключение, используемое в качестве квалификационного доказательства, должно быть документировано и отслеживаемо;
- рассмотрение положений ОК/КК при изготовлении, сборке, монтаже, пуске, вводе в эксплуатацию, инспекции, ремонте и выводе из эксплуатации систем, оборудования или компонентов должно охватываться квалификацией.

Следующие принципы определяют квалификационными в соответствии с настоящим стандартом:

а) общая итеративная квалификационная стратегия должна быть реализована, чтобы вывести технологию из существующего состояния разработки и квалификации в целевое квалификационное состояние, определяемое основами квалификации этой технологии;

б) характеристики должны быть оценены, определены количественно и задокументированы;

в) запас производительности должен быть установлен на основе признанных методов и стандартов или на основе комбинации всех неопределенностей данных, операций, расчетов и испытаний;

г) квалификационные мероприятия (расчеты, испытания, документирование предыдущего опыта и т. д.) должны быть направлены на преодоление видов отказа для диапазона условий, ожидаемых при использовании;

д) предоставленные доказательства и связанные с ними неопределенности должны быть задокументированы и прослежены вместе с установленными запасами безопасности и производительности;

е) прогнозы на основе модели должны быть подтверждены эмпирическими данными (предоставленными как часть квалификации или со ссылкой на предыдущую работу);

ж) когда опыт обслуживания используется в качестве доказательства, он должен быть задокументирован и подтвержден. Опыт должен быть актуален и при известных условиях эксплуатации/условиях окружающей среды и должен подвергаться сомнению критические виды отказа технологии;

и) материал, функциональные параметры и пределы, используемые в расчетах (например, предел текучести, коэффициенты трения и коэффициенты теплового расширения), должны основываться на данных испытаний, признанной литературе или определяться экспертным заключением на основе таких данных;

к) когда неопределенные критические параметры определяют виды отказа, угрожающие жизни или окружающей среде, влияния параметров должны основываться на эмпирических данных, а не только на субъективных (качественных) суждениях;

л) квалификационные заключения.

7 Программа квалификации технологии

7.1 Развитие технологий и ход выполнения квалификации

Неопределенности и вероятность отказа, как правило, уменьшаются по мере развития технологии на разных этапах ее развития.

На ранних этапах разработки квалификация технологии зависит от экспертной оценки, основная цель которой — выявить неопределенности. Впоследствии в процессе развития квалификации технологии учитывают выявленные неопределенности и заменяют их эмпирическими данными (количественными данными).

7.2 Содержание программы квалификации технологии

Программа квалификации технологии должна быть создана для поддержки управления процессом квалификации технологии. Там, где это применимо, она должна отражать итеративный характер разработки технологии, как показано на рисунке 1 в примере проведения квалификации, проходящей через три этапа, каждый из которых включает в себя цикл процесса квалификации базовой технологии, подробно описанный на рисунке 2, который необходимо успешно завершить перед переходом к следующему этапу.

Программа должна также контролировать квалификационные мероприятия и соответствовать шагам, изложенным в схеме, показанной на рисунке 2. Элементы, которые следует включать в программу квалификации технологии, включают:

- стратегию квалификации;
- критические параметры;
- схемы принятия решения;
- квалификационную группу, назначенную для проведения квалификации;
- необходимые ресурсы (люди, программное/аппаратное обеспечение и т. д.);
- роли (например, разработчик, независимый рецензент, предметные эксперты, предоставляющие опыт/аналоги, консультации с независимым экспертом для повышения уверенности в доказательствах и выводах, поставщики доказательств);
- обязанности;

- привлечение заинтересованных сторон, таких как партнеры, клиенты, конечные пользователи, субподрядчики, органы власти, третьи стороны;
- положения нормативных документов;
- ограничения бюджета;
- график и ключевые этапы;
- положения ОК/КК и ОТ, ТБ и ООС;
- риски цепочки поставок;
- взаимодействие с технологиями и процессами развития бизнеса, происходящими параллельно с программой квалификации технологии.

Программа квалификации технологии должна включать стратегию квалификации, которая показывает, как технология должна быть перенесена с существующей стадии разработки к ее цели. Должны быть установлены промежуточные ключевые этапы, представляющие значительные достижения. Там, где это возможно, схема принятия решения (при которых ключевые решения — принимать или отклонять ход разработки или в равной степени инвестировать больше времени и денег) должна быть связана с достижением/недостижением этих ключевых этапов.

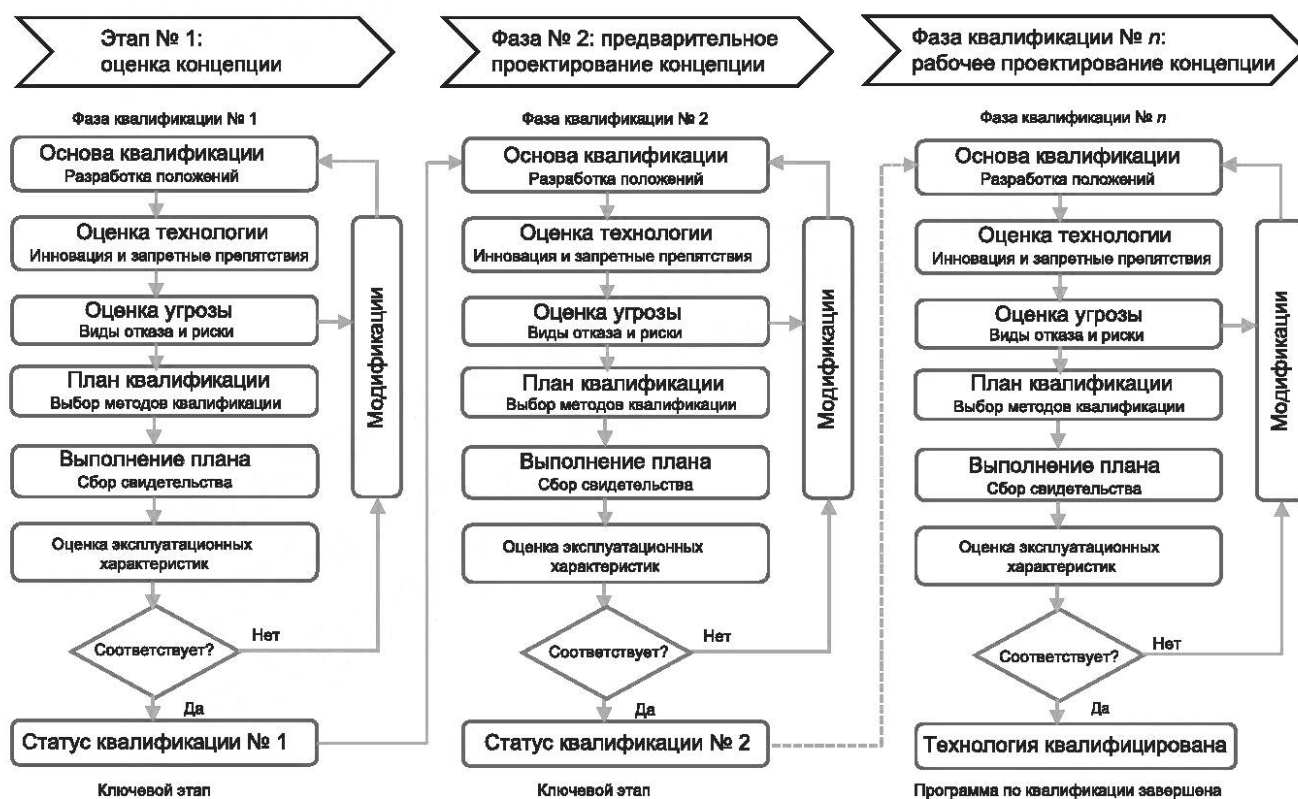


Рисунок 1 — Иллюстрация программы квалификации технологии

Последовательность разработки квалификации может включать развертывание в контролируемых условиях, которые регулируются строгими ограничениями. Затем опыт использования/эксплуатации в этих условиях можно использовать для дальнейшего уменьшения неопределенностей в последующей итерации, предоставляя информацию о рабочих процедурах и ограничениях.

Такая квалификация может быть облегчена путем прохождения технологии через определенные этапы разработки, такие как этап прототипа, на котором разрабатывается решение, этап технической оценки и этап эксплуатационной оценки.

Преимущества в определении основных этапов программы квалификации технологий включают измерение прогресса, обзор стратегии квалификации технологий с учетом продолжительности и сроков принятия решений и обзор прогресса в области развития технологий по сравнению с бизнес-планом.

В промышленности принято использовать уровни готовности к технологии (TRL) в качестве средства иллюстрации этапа разработки технологии. В TRL описывается, что в целом необходимо сделать, чтобы достичь следующего уровня. TRL могут быть использованы для составления схемы этапов программы технологической квалификации при условии, что они включают в себя достаточно подробную информацию, включая критерии приемлемости для каждого уровня.

Соответствующий орган власти по утверждению для предполагаемой услуги должен быть идентифицирован. Кроме того, должны быть показаны последствия применимых правил юрисдикции для основы квалификации технологии.

Если технология является усовершенствованной, где существует проверенное резервное решение, стратегия квалификации технологии должна включать возможность возврата к резервному решению при отказе. Что касается передовых технологий, для которых не существует резервного решения и выполнимость концепции зависит от успешного результата программы квалификации технологии, технология должна полностью соответствовать своей основе квалификации технологии. Если этого не произойдет, должно быть принято решение о том, принять ли его таким, какой он есть (с соразмерным снижением основы квалификации технологии), изменить его или отклонить.

В плане квалификации технологии должно быть выделено достаточно времени, усилий и ресурсов, чтобы как можно раньше выявить какие-либо фундаментальные недостатки или запрещающие препятствия в программе квалификации базовой технологии.

Программа квалификации технологии — это документ, который должен обновляться после каждой фазы квалификации, чтобы точно отражать состояние технологии.

7.3 Перечень критических параметров

Перечень критических параметров документирует ограничения, которые не должны превышаться для технологии. Следовательно, когда программа квалификации технологии будет завершена, граничные пределы для критических параметров будут представлять собой пределы для квалификации или рабочего диапазона, в пределах которого технология считается квалифицированной.

Основные параметры, такие как расчетные нагрузки, пропускная способность и граничные условия, должны быть сведены в список критических параметров, используемых в процессе квалификации технологии. Это гарантирует, что соответствующие входные параметры, используемые для расчета и испытаний, обновляются по мере внесения изменений в конструкцию или процедуры.

Критические параметры для механизмов отказа должны быть определены. Список критических параметров должен включать пределы/границы этих параметров. Если квалификация охватывает диапазон (например, размеры продукта или марки материала), эти диапазоны должны определяться их соответствующими критическими параметрами. Для неопределенных параметров должна быть включена доступная информация об уровне неопределенности.

Квалификационные мероприятия могут быть упрощены путем сужения эксплуатационных ограничений, рассматриваемых размеров и т. д. Такие ограничения должны быть указаны в списке критических параметров. Последствия этих ограничений должны быть оценены, чтобы понять, заслуживают ли они квалификации.

Список критических параметров должен быть составлен на начальном этапе процесса квалификации технологии. Предполагается, что как параметры, так и их пределы будут уточняться или изменяться по мере развития программы квалификации технологий и развития понимания видов и механизмов отказа.

7.4 Группа по квалификации

Члены квалификационной группы должны быть идентифицированы в программе технологической квалификации, а их соответствующие экспертные знания документированы. Все критические области должны быть охвачены квалификационной группой, включая производство и конечное использование.

Конечный пользователь должен быть включен в квалификационную группу для передачи опыта работы.

8 Процесс квалификации базовой технологии

Процесс квалификации базовой технологии состоит из следующих основных этапов, представленных на рисунке 2:

- основа квалификации технологии — это создание квалификационной основы с указанием технологии, ее функций, предполагаемого использования, а также ожиданий в отношении технологии и целей квалификации;
- оценка технологии — это классификация степени новизны с целью сосредоточить усилия на элементах, где неопределенность является наиболее существенной и необходимо определить ключевые проблемы и неопределенности;
- оценка угроз — это оценка угроз и выявление видов отказа и их рисков;
- план квалификации технологии — это план, содержащий квалификационные мероприятия, необходимые для устранения выявленных рисков;
- выполнение плана — это выполнение мероприятий, указанных в плане квалификации технологии. Доказательства собираются с помощью опыта, численного анализа и испытаний.

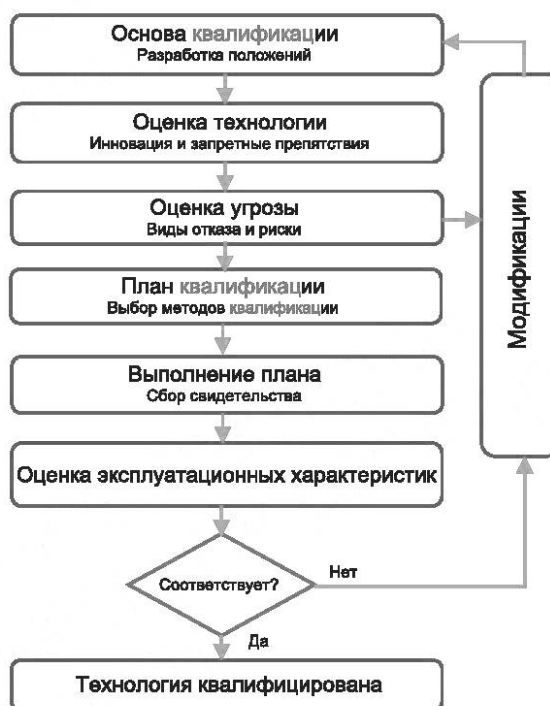


Рисунок 2 — Шаги в процессе квалификации базовой технологии

Каждый шаг процесса должен быть задокументирован, что позволяет сделать выводы прослеживаемыми. Требуемый уровень детализации документации имеет тенденцию повышаться по мере продвижения процесса квалификации технологии.

Циклы обратной связи между этапами подразумевают, что процесс носит итеративный характер. Следует учитывать модификацию конструкции для повышения безопасности, производительности, долговечности, стоимости и простоты изготовления или эксплуатации, среди прочего. Модификация характеристик также может иметь место. Такая модификация будет инициировать полную или частичную итерацию процесса квалификации основ базовой технологии для того, чтобы основа квалификации технологии была удовлетворена. Необходимость и количество итераций будут зависеть от таких факторов, как:

- изменения в граничных условиях;
- изменения в технологии (например, усовершенствования концепции), мотивированные результатами квалификации или внешними факторами;
- любые изменения, необходимые для учета результатов квалификации, например те, которые выходят за указанные пределы (критерии приемки);
- изменения в надежности и/или производительности ожидаемой технологии.

Итерации должны использоваться для включения угроз по мере их выявления, получения новых знаний из других квалификационных мероприятий и определять, когда и как технология была измене-

на. Все модификации должны быть идентифицируемыми и отслеживаемыми и должны быть отражены в обновленной основе квалификации технологи. Их влияние следует оценивать на основе квалификации технологи. Модификация технологии должна, при необходимости, иметь определенную цель, например:

- исключить вид отказа;
- уменьшить вероятность возникновения или последствия вида отказа до приемлемого уровня;
- уменьшить общую стоимость концепции;
- повысить достоверность.

Модификации часто происходят из-за процессов, выходящих за рамки процесса квалификации технологии, таких как изменения в бизнес-плане или улучшения возможностей конкурента. Программа квалификации технологий должна определять взаимодействие с этими внешними процессами.

Модификации подразумевают необходимость обновления предыдущих этапов процесса квалификации технологии. Эти обновления могут варьироваться от ограниченного обновления параметров или данных о рисках до серьезной доработки документов на основе этапов процесса квалификации технологии. Независимо от степени обновления, прослеживаемость должна поддерживаться.

9 Основа квалификации технологии

9.1 Общие сведения

Целью основы квалификации технологии является предоставление общего набора критериев, по которым будут оцениваться все квалификационные мероприятия и решения.

9.2 Описание технологии

Технология должна быть однозначно и полностью описана посредством текста, расчетных данных, чертежей и других соответствующих документов. Важно, чтобы были изложены функциональное описание и ограничения технологии, и чтобы были четко определены все соответствующие интерфейсы. В спецификации должны быть указаны все фазы предполагаемого срока службы новой технологии и ее критические параметры.

Технология должна включать как минимум следующее:

- описание общей системы;
- функции системы и функциональные ограничения;
- классификацию;
- стандарты и отраслевые нормы или их части, предназначенные для применения при квалификации;
- основные принципы для хранения, транспортировки, установки, ввода в эксплуатацию, эксплуатации и ликвидации;
- стратегию технического обслуживания и эксплуатации;
- граничные условия, окружающую среду, нагрузки от окружающей среды и функциональные нагрузки;
- основные принципы производства и обеспечения качества;
- соответствующие области знаний, считающиеся необходимыми для понимания технологии;
- уже существующие доказательства, подтверждающие квалификацию.

10 Оценка технологии

10.1 Общие сведения

Цель оценки технологии состоит в том, чтобы определить, какие элементы требуют технологической квалификации, и определить их ключевые проблемы и неопределенности.

Основа квалификации технологии формирует исходные данные для оценки технологии. Результатом является перечень новых технологических элементов, их основных проблем и неопределенностей. Оценка технологии должна включать следующие этапы:

- анализ состава технологии;
- оценку технологических элементов в отношении инновации (классификация технологий);
- определение основных проблем и неопределенностей.

Исходным материалом для оценки технологии является основа квалификации технологии. Она должна быть дополнена подтверждающими документами, включая, но не ограничиваясь:

- подробные чертежи объектов, подлежащих квалификации;
- чертежи и описание систем управления и безопасности;
- характеристику материалов;
- проект процедуры изготовления;
- проект процедуры установки;
- проект процедуры проверки и обслуживания;
- существующие доказательства, подтверждающие квалификацию (например, протоколы испытаний и документация об опыте).

10.2 Анализ состава технологии

10.2.1 Общие сведения

Чтобы полностью понять новые элементы сложной технологии и обеспечить средства связи между людьми с различными компетенциями, необходимо проанализировать состав технологии. Это нисходящая оценка, которая начинается с функций системного уровня и продолжается с разложения технологии на элементы, включая интерфейсы.

Интерфейсы должны быть совместимыми, чтобы гарантировать, что лица, ответственные за различные аспекты технологии или этапы ее развития, будут понимать друг друга.

Декомпозиция технологии должна представлять один или несколько аспектов из нижеперечисленных:

- функции и подфункции;
- подсистемы и компоненты с функциями;
- последовательности процессов или операций;
- этапы выполнения проекта, основанные на процедурах изготовления, монтажа и эксплуатации.

Каждый из вышеперечисленных элементов может включать в себя аппаратное и программное обеспечение.

Анализ состава технологии должен охватывать все фазы жизненного цикла системы, оборудования или компонента. Целевой анализ должен быть выполнен для определения всех соответствующих функций.

Фазы жизненного цикла включают в себя:

- проектирование;
- изготовление и испытание;
- транспортировку и хранение;
- монтаж;
- ввод в эксплуатацию;
- эксплуатацию и техническое обслуживание;
- вывод из эксплуатации;
- извлечение и ликвидацию.

10.2.2 Анализ систем при помощи основных функций и подфункций

Функции подразделяются на основные и подфункции с дальнейшим подразделением по мере необходимости.

Основная функция — это выполнение целевого назначения технологии. Подфункции — это функции, которые поддерживают или дополняют основную функцию.

Каждая система или оборудование анализируется в отношении основных функций, например перекачка, теплообмен, локализация, сепарация.

10.2.3 Системный анализ с использованием аппаратных компонентов и узлов

Аппаратная система подразделяется на подсистемы и части в зависимости от ситуации. Основные функции делегируются этим компонентам или взаимодействию между ними. Важно определить, как и на каком уровне основные функции зависят от интерфейсов и взаимодействий между компонентами.

10.3 Классификация технологии

Новые технологии обычно развиваются из существующих проверенных технологий. Обычно только некоторые элементы технологии являются новыми. Неопределенность связана главным образом с новыми элементами. Чтобы сосредоточиться на том, где неопределенность является наибольшей,

можно использовать классификацию новизны в соответствии с таблицей 1. Как новизна самой технологии, так и область ее применения влияют на неопределенность, связанную с технологией.

Элементы, отнесенные к категории новых (категории 2, 3 и 4), должны быть перенесены на следующий этап квалификации технологии для дальнейшей оценки.

Только знания и опыт, которые документированы, прослеживаемы и доступны для квалификационной группы, должны использоваться для снижения степени новизны.

Таблица 1 — Классификация технологии

Область применения	Категория инновации технологии		
	Апробированная	Ограниченная область истории	Новая или не апробированная
Известная	1	2	3
Ограниченные знания	2	3	4
Новая	3	4	4

Эта классификация указывает на следующее:

- нет новых технических неопределенностей (апробированная технология);
- новые технические неопределенности;
- новые технические трудности;
- новые технические трудности, требующие больших затрат сил.

Эта классификация применяется ко всем используемым технологиям, а также к каждому отдельному элементу. Анализ состава упрощает идентификацию и выделение новых элементов. Установленная категоризация технологии должна использоваться для направления мероприятий по квалификации с акцентом на степень новизны, которая должна быть консервативной.

Технологические элементы категории 1 доказаны без каких-либо новых технических неопределенностей, где проверенные методы верификации, испытаний, расчетов и анализа могут использоваться для предоставления требуемых квалификационных свидетельств. Отраслевая практика, стандарт или спецификация, утвержденные для применения к каждому испытанному технологическому элементу, должны быть отражены в оценке технологии и соблюдены. На этом завершается оценка проверенных элементов как части процесса квалификации технологии. Дальнейшая детализация этих элементов обрабатывается обычными инженерными методами, выходящими за рамки настоящего стандарта.

Важно не упускать из виду проверенные элементы, поскольку они могут иметь решающее значение для общей производительности технологии. Эти элементы должны обрабатываться в ходе обычного процесса проектирования, обеспечивая соответствие применимому стандарту или отраслевой практике, а также надлежащие гарантии качества и контроль качества для обеспечения надежного технического проектирования, например в форме независимой проверки проекта и контроля исполнения. Затем проверенные элементы должны проверяться в соответствии с этим стандартом, отраслевой практикой или спецификацией отдельно.

Существующие стандарты, спецификации и отраслевые стандарты не полностью охватывают новые элементы. Тем не менее, они используются в процессе квалификации технологии для формирования эталона, на основании которого может быть установлена основа квалификации технологии. Интерфейсы между элементами и внешними интерфейсами требуют особого рассмотрения.

Элементы в категориях со второй по четвертую требуют технологической квалификации и имеют растущую степень технической неопределенности. Определенная классификация категорий позволяет проводить различие между новинками самой технологии и областей ее применения и итеративным образом фокусироваться на областях, вызывающих наибольшее беспокойство.

Область применения может относиться к опыту условий эксплуатации, окружающей среды или цели, для которой будет использоваться система, оборудование или компонент. Изменения в окружающей среде или другое применение технологии приведет к увеличению неопределенности. Наиболее неопределенный случай — отсутствие опыта в отрасли для конкретного применения рассматриваемой технологии, и в этом случае для области применения будет выбрана категория «Новая». Наименее неопределенным является случай, когда имеется достаточно документированных знаний для использования технологического элемента для аналогичных условий и применений, и в этом случае для области применения будет выбрана категория «Известная».

Изменение любого из элементов существующей технологии (частей, функций, процессов, подсистем) ведет к повышенной неопределенности, что приводит к выбору технологической новинки «Ограниченная область истории» или «Новая или не апробированная». Изменение может быть связано с аппаратными или программными компонентами технологии.

Классификация технологии не учитывает последствия отказа. В качестве примера, категория 4 может быть назначена технологическому элементу, отказ которого не оказывает значительного влияния на общую производительность системы. При этом сочетание классификации технологии, последствий отказов и других сопутствующих факторов может оказывать влияние на производительность системы и может быть использовано в квалификационных мероприятиях.

10.4 Определение основных проблем и неопределенностей

Основные трудности и неопределенности, связанные с новыми технологическими аспектами, должны быть определены как часть оценки технологии. Для сложных систем рекомендуется определить основные трудности и неопределенности, выполняя HAZID (идентификация опасностей) высокого уровня.

HAZID высокого уровня — это средство улучшения понимания системы на ранней стадии разработки и определения того, какие части системы необходимо доработать или документировать более подробно, до оценки угрозы.

HAZID может быть проведен в виде семинара с участием группы экспертов, охватывающих необходимые области компетенции и опыт. Области экспертизы, охватываемые каждым экспертом, должны быть задокументированы со ссылкой на соответствующее обучение, опыт работы и другие соответствующие ссылки.

11 Оценка угрозы

11.1 Общие сведения

Входными данными для оценки угрозы являются основа квалификации технологии (см. раздел 9) и список новых технологических элементов, разработанных в ходе оценки технологии (см. раздел 10). Выходными данными является регистр вида отказа, содержащий все идентифицированные виды отказов, вызывающие озабоченность, и связанные с ними риски. Риск определяется вероятностью отказа и последствиями отказа. Его определение осуществляется следующим образом.

Оценка вида отказа должна идентифицировать все возможные виды отказа с соответствующими механизмами отказа и должна учитывать каждый из этапов срока службы системы, оборудования или компонента. Виды отказов должны быть ранжированы на основе их риска (определяемого вероятностью возникновения и последствиями) или их вклада в общий риск.

Оценка рисков состоит из следующих ключевых шагов:

- уточнение оценки состава технологии, выполненной на этапе оценки технологии, если это необходимо;
- определение различных категорий вероятности и серьезность последствий. Это делается до определения видов отказа;
- определение приемлемого риска путем построения матрицы риска, показывающей полностью приемлемые комбинации (низкий риск) и недопустимые комбинации (высокий риск), а также промежуточные комбинации (средний риск) категорий вероятности и последствий;
- определение всех возможных видов отказа и оценка их риска, используя соответствующие методы;
- для каждого вида отказа оценка риска, назначение класса последствий и класса вероятности или оценка их вклада в общий системный риск. Это может быть основано на предыдущем опыте, существующих доказательствах и экспертных суждениях. В последнем случае неопределенности должны отражаться путем консервативной категоризации;
- сохранение информации для каждого вида отказа в регистре вида отказа.

11.2 Уточненный анализ состава технологии

Анализ состава технологии должен рассматриваться как часть оценки угрозы и уточняться по мере необходимости.

11.3 Идентификация видов отказа

11.3.1 Общие сведения

Экспертное суждение является неотъемлемой частью оценки угрозы. Квалифицированный персонал должен быть использован для идентификации возможных видов отказа, включая основные причины и механизм отказа. Оценка вероятности и последствий отказа также должна быть сделана. Опыт и достижения квалифицированного персонала должны быть задокументированы. Документация должна покрывать все элементы, охватываемые оценкой вида отказа.

Должен быть установлен и описан системный подход для идентификации возможных видов отказа и связанных с ними механизмов отказа.

Идентификация вида отказа должна определять консервативные вероятности и последствия. Обновление вероятностей и последствий должно затем учитывать квалификационные свидетельства и учитывать такие функции, как установка, программы технического обслуживания и мониторинг состояния.

Эта система может быть основана на традиционной FME(C)A отдельными лицами или работе в группе, аналогичной сеансам HAZOP. Совещания в группе могут улучшить определение возможных видов отказа в технологии, охватывающей несколько технологических дисциплин.

Во избежание пропуска сложных эффектов, вызванных предположением о том, что смягчающие действия будут иметь место, рекомендуется, чтобы в документации были четко показаны изменения видов отказа.

В целом, отказ может быть идентифицирован как вид отказа, причина отказа, эффект отказа, механизм отказа с отслеживаемой основной причиной (см. рисунок 3).

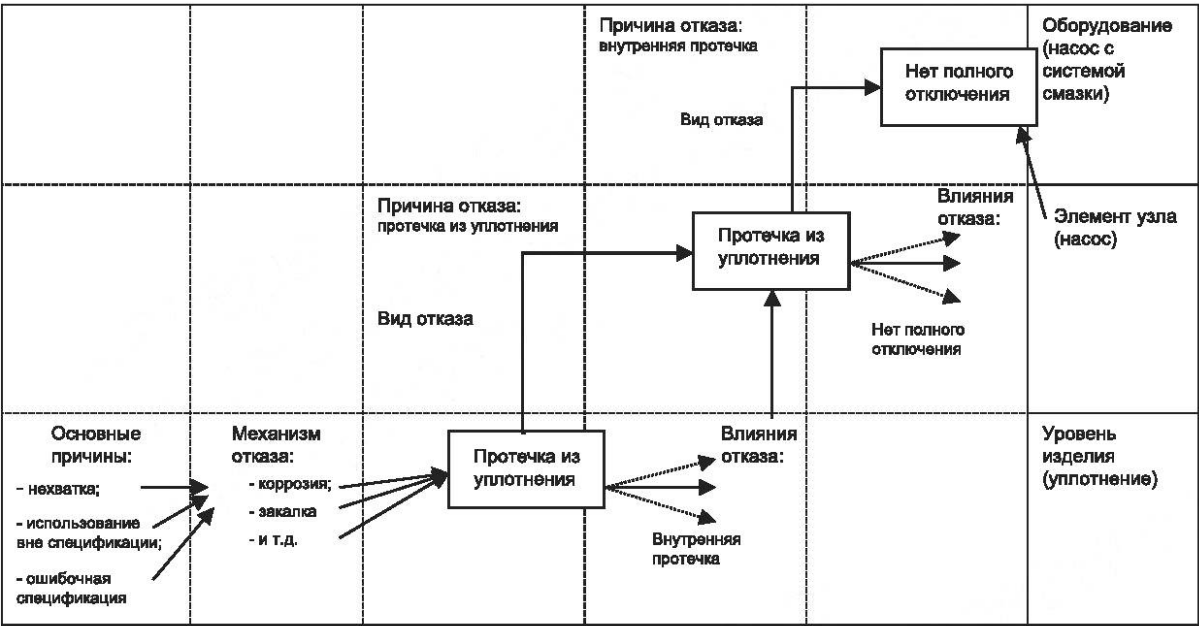


Рисунок 3 — Отношение между причиной, видом и влиянием отказа

11.3.2 Методы оценки угроз

Существует несколько методов идентификации видов угроз или отказа. Выбор метода должен учитывать сложность и степень проработки сложной технологии. Оценка угрозы должна охватывать все новые элементы, определенные в анализе состава технологии.

Выходные данные представляют собой запись (регистр вида отказа) всех идентифицированных видов отказа, механизмов отказа, последствий и вероятностей и связанных с ними рисков. Для оценки угроз могут использоваться различные методы анализа рисков. В таблице 2 перечислены некоторые преимущества и недостатки различных методов.

Таблица 2 — Преимущества и недостатки различных методов оценки угроз

Метод	Преимущества	Проблемы и/или недостатки
Анализ видов, последствий и критичности отказов (FME(C)A)	Систематический и простой в применении	Исследование одного вида отказа за один раз может не выявить критических комбинаций отказов
Анализ опасности и работоспособности (HAZOP)	Систематический метод, который позволяет идентифицировать потенциальную опасность эксплуатации за пределами проектного намерения или неисправности отдельных элементов	Потребление ресурсов. Требуется подробная информация для получения полезных результатов. Требуется опытный координатор
Анализ дерева отказов (FTA)	Тщательное расследование (уже) выявленного инцидента	Не применимо для выявления (новых) инцидентов. Время установки. Не подходит для точного моделирования всех типов систем
Структурированный контрольный список «что если» (SWIFT)	Применимо, даже если информация о рабочем проекте недоступна	Необходим опытный координатор, а также хорошие контрольные списки
Оперативный анализ проблем (OPERA)	Акцент на интерфейсы продукта	Акцент на технические проблемы и человеческие ошибки, не вдаваясь в подробности о причинах
Независимый обзор	Может быть более эффективным или менее ресурсоемким	Не такой междисциплинарный и надежный, как другие методы

11.4 Последствия отказа

Последствия отказа должны быть, при необходимости, детализированы:

- для функции самой технологии;
- воздействия на окружающие и сопряженные системы;
- эксплуатации и ремонта;
- охраны труда, техники безопасности и охраны окружающей среды (ОТ, ТБ и ООС).

Рекомендуется, чтобы эти последствия были записаны как оценки денежных потерь, поскольку это помогает квалификационной группе соотносить величину рисков с затратами и осуществимостью их смягчения.

Один из способов классификации групп последствий заключается в следующем.

Последствия для новой технологии:

- незначительное;
- сокращенная часть основной функции;
- потеря частей основной функции;
- потеря основной функции;
- потеря основной функции и повреждение сопряженных и окружающих систем.

Последствия для окружающей и сопряженной системы:

- не влияет на сопряженные и окружающие системы;
- незначительное влияние на сопряженные и окружающие системы;
- отключение сопряженных и окружающих систем;
- заметное повреждение сопряженных и окружающих систем;
- серьезное повреждение сопряженной и окружающей системы.

Дальнейшие экономические последствия:

- производственные потери;
- варианты ремонта и запчастей;
- время мобилизации и ремонта;
- ущерб репутации/бренду.

Каждое из вышеперечисленных экономических последствий влияет на бюджет и сроки. Определение денежных последствий позволяет составить смету расходов. Это может помочь вызвать изменения в проекте, которые потом могли бы стоить дороже. Выбор типового примера установки выгоден для предоставления примера стоимости. Стоимость зависит от времени и места расположения. Например, для систем глубоководных и подводных скважин стоимость аренды судна обычно будет доминирующей.

Следующие классы для области ОТ, ТБ и ООС обычно:

- техника безопасности и охрана труда — вероятность травм и гибели персонала;
- охрана окружающей среды — вероятность воздействия на окружающую среду.

Пример классов общих последствий приведен в таблице 3. Эффект от включения дополнительных категорий последствий для тех, которые связаны с безопасностью (например, задержка/время простоя и репутация), заключается в том, что процесс квалификации может определять квалификационные мероприятия для учета этих аспектов, которые дополняют те действия, которые необходимы для учета безопасности.

Классы последствий должны быть выбраны в каждом отдельном виде отказа, используя экспертное суждение и опыт. Это должно быть сделано для системы, как указано, без учета каких-либо предлагаемых гарантий, которые еще не были приняты и определены.

Следующий общий пример классов качественных последствий в таблице 3 показан только для иллюстрации и не должен приниматься без оценки применимости к конкретному случаю и его предполагаемому использованию и рабочей среде.

Т а б л и ц а 3 — Пример классов последствий отказа для окружающей системы, которые могут быть применимы для технологии, используемой в разведке или транспортировке нефти

Серьезность	Категории последствий			
	Люди	Окружающая среда	Задержка/ время простоя	Репутации
1	Нет или поверхностные травмы	Незначительное влияние на окружающую среду < 1 BBL (баррель нефти)	< 2 часа	Незначительное воздействие; осведомленность местного населения, но не беспокойство общественности
2	Легкая травма, несколько потерянных рабочих дней	Незначительный эффект. Несоблюдение < 5 BBL	< 1 день	Ограниченное воздействие; беспокойство местного населения — может включать информационные средства
3	Серьезная травма, длительное отсутствие	Локализованный эффект. Требуется реакция на разлив < 50 BBL	1—10 дней	Значительное влияние; региональная огласка/небольшое внимание национальных СМИ
4	Единичный смертельный случай или постоянная инвалидность	Основной эффект. Значительный меры по ликвидации загрязнения < 100 BBL	10—60 дней	Национальное воздействие и общественное беспокойство; мобилизация инициативных групп
5	Множественные смертельные случаи	Массовый урон на большой территории > 100 BBL	> 60 дней	Большое негативное внимание в международных СМИ

В таблице 3 количество определенных классов было сокращено путем объединения нескольких типов последствий в один набор классов. Один класс представляет конкретные последствия для людей, окружающей среды, задержки/простоя и/или репутации. Внутри одного класса последствий были определены последствия всех типов, чтобы представить одинаковые уровни серьезности.

Важно, чтобы для конкретного события с более чем одним типом воздействия тип воздействия, дающий наивысший класс, определял один класс последствий.

11.5 Вероятность отказа

11.5.1 Общие сведения

Вероятность отказа должна быть установлена для каждого вида отказа. На ранних этапах развития технологии (концепции) можно использовать качественные показатели. По мере продвижения процесса квалификации технологии должны быть собраны количественные доказательства, чтобы продемонстрировать, что основа квалификации технологии была соблюдена.

Эта демонстрация может принимать форму описания видов отказов с помощью их распределений плотности вероятности на протяжении жизни или показа того, что использовались установленные стандарты или спецификации или что соблюдалась разумная инженерная практика.

Документирование вероятности количественного отказа должно основываться на таких доказательствах, как:

- результаты испытаний;
- численный анализ на основе признанных методов;
- соответствующий документированный опыт;
- инженерное решение квалифицированным персоналом.

Если доказательства, подтверждающие оценки вероятности отказа, отсутствуют, должны быть установлены консервативные оценки.

Степень консерватизма должна отражать уровень неопределенности и, следовательно, увеличиваться с новизной (категории 2—4). Консерватизм предположений должен быть обоснован.

Оценочная вероятность вида отказа должна быть разделена на вероятности отказа, связанные с каждым идентифицированным механизмом отказа (см. рисунок 3).

Обычно вероятность будет выражаться как:

- вероятность в течение срока службы или за год эксплуатации;
- вероятность активации системы;
- распределение вероятностей за время существования системы.

Для ранжирования рисков может использоваться прямая оценка вероятности, то есть оценка надежности квалифицированным персоналом.

Экспертные суждения должны также применяться во время планирования и сбора данных о надежности для оценки актуальности и, возможно, предлагать корректировки фактических данных на основе частично актуальных данных, чтобы учесть различия в отношении системы, подлежащей квалификации.

Важно избегать предубеждений, которые в целом могут быть легко введены при работе с мнениями экспертов.

Ожидания целевой вероятности отказа, основанные на инженерных оценках и информации из баз данных, обычно используются на начальных этапах разработки.

Вероятность отказа, основанная на информации из баз данных, часто нуждается в корректировке перед применением в новых системах, различном использовании, другой среде и т. д. Пример такой корректировки показан в таблице 4. Крайне важно понять и определить, могут ли представленные данные в базе данных использоваться для представления технологии или могут ли некоторые виды отказов быть неправильно представлены из-за различий в использовании.

Вероятность отказа, основанная на таких общих базах данных или экспертных оценках, должна обновляться на основе испытаний или документации на более поздних этапах процесса квалификации технологии.

Т а б л и ц а 4 — Пример настройки частоты отказа для представленного компонента (пример, трансформатор)

Субкомпонент	Справочные данные	Квалификация данных			
	№ отказа	Частота отказа за 10^6 часов	Поправочный коэффициент	Новая частота отказа	Комментарии
Пенетратор	5	0,50	5	2,50	Новый сервис с большим перепадом давления
Система охлаждения	3	0,30	1	0,30	Нет различия

Окончание таблицы 4

Субкомпонент	Справочные данные	Квалификация данных			
	№ отказа	Частота отказа за 10^6 часов	Поправочный коэффициент	Новая частота отказа	Комментарии
Обмотка	6	0,60	1/3	0,20	Упрощенная система, благодаря чему снижается частота отказа
Выключатель	2	0,20	0	0	Вид отказа вряд ли произойдет в этой ситуации
Другие	10	1,00	2	2,00	Консервативная оценка как для новой услуги
Всего	26	2,60		5,00	

11.5.2 Классы качественной вероятности

Классы качественной вероятности могут использоваться для установления вероятности отказа на ранних этапах разработки. Классы должны быть выбраны в каждом отдельном случае, используя экспертную оценку и предыдущий опыт.

Таблица 5 показывает пример общих классов качественной вероятности.

Таблица 5 — Пример классов вероятности

№	Описание
1	Отказ не ожидается ($pf < 10^{-4}$)
2	Инцидент произошел в промышленности или смежных отраслях ($10^{-4} < pf < 10^{-3}$)
3	Был испытан большинством операторов ($10^{-3} < pf < 10^{-2}$)
4	Происходит несколько раз в год на оператора ($10^{-2} < pf < 10^{-1}$)
5	Происходит несколько раз в год на объект ($10^{-1} < pf$)

11.6 Оценка рисков

Качественный метод определения уровня риска может быть использован для того, чтобы ранжировать риск и сосредоточить действия по квалификации там, где выгоды самые большие. Риски распределены по категориям, как показано на рисунке 4. Классификация рисков должна быть адаптирована к рассматриваемому случаю. Адаптированная матрица должна определять план квалификации технологии с учетом приоритета с акцентом на самый высокий риск. Он должен определять риски с высокими последствиями как средний или высокий риск, независимо от класса вероятности, для обеспечения того, чтобы риски с высокими последствиями низкой вероятностью учитывались квалификационными действиями, а не отбрасывались на основе низкой вероятности.

		Увеличение вероятности				
		1	2	3	4	5
Увеличение тяжести	1	Н	Н	Н	С	С
	2	Н	Н	С	С	С
	3	Н	С	С	С	В
	4	С	С	С	В	В
	5	С	С	В	В	В
Н – низкий; С – средний; В - высокий						

Рисунок 4 — Матрица риска

Виды отказа ранжируются в соответствии с категорией риска. Виды отказов со средним и высоким риском считаются критическими и должны быть охвачены планом квалификации технологии. Виды отказов с низким риском могут быть заключены на основе качественной оценки квалифицированным персоналом. Виды отказов с низким риском не должны удаляться из списка возможных видов отказа.

Оценки риска должны обновляться в ходе процесса квалификации технологии с использованием свидетельств о квалификации и информации от смягчающих действий, которые становятся доступными в процессе квалификации технологии.

Оценка риска должна выполняться на уровне детализации, относящейся к соответствующему этапу разработки.

12 План квалификации технологии

12.1 Общие сведения

Должен быть разработан план квалификации технологии для предоставления доказательств, необходимых для управления критическими видами отказа. Разработка плана квалификации технологии должна быть повторяющимся процессом.

Выбранные методы квалификации должны быть указаны в качестве мероприятий в плане квалификации технологии. Квалификационный метод должен быть достаточно описан, чтобы выполнить мероприятия и получить надежные доказательства.

Для компонентов, производимых в больших количествах и используемых в различных типах систем, необходимость стандартизации и, следовательно, снижения затрат часто определяет стратегию квалификации.

В следующих подразделах рассматриваются различные аспекты, которые необходимо учитывать в спецификации квалификационных мероприятий.

План квалификации технологий должен отражать итеративный характер общей стратегии квалификации и процесса квалификации базовой технологии, стремясь в первую очередь уменьшить самые большие неопределенности. Рекомендуется общий план этапов, чтобы отразить выбранную стратегию для достижения общих целей.

Подробные планы должны разрабатываться в течение разумного периода времени (например, до достижения следующего основного ключевого этапа).

Основные ключевые этапы должны быть завершены независимым обзором.

Разработка плана квалификации технологии состоит из следующих основных видов деятельности:

- планирование на высоком уровне для реализации общей стратегии квалификации;
- анализ и выбор квалификационных методов для предоставления доказательств, необходимых для каждого вида отказа;

- разработка обоснования, которое связывает доказательства, полученные методами квалификации, с положениями, установленными в основе квалификации технологии;
- разработка подробных спецификаций квалификационных мероприятий.

Подробная спецификация квалификационных мероприятий должна четко указывать:

- доказательства, которые должны быть представлены каждой квалификационной деятельностью;
- виды отказа, к которым относится каждое доказательство;
- обоснование, которое связывает доказательства с видами отказа.

План квалификации технологии должен редактироваться по мере необходимости. Когда технология успешно продемонстрировала, что она достигла важного ключевого этапа, могут быть разработаны подробные планы для достижения следующего основного ключевого этапа с учетом того, что было изучено.

Выбор методов для достижения квалификации будет зависеть от положений, изложенных в основе квалификации технологии. Например, для целей надежности требуется количественный прогноз надежности; и методы для генерации данных будут зависеть от типа требуемого ввода.

12.2 Выбор методов квалификации

Если в основе квалификации технологии указана количественная цель надежности, то для документирования достижения цели требуется использовать метод количественной надежности, например определением распределения плотности вероятности времени срока службы для соответствующих видов отказа.

Для каждого вида отказа следует установить, могут ли механизмы отказа моделироваться признанными и общепринятыми методами. Затем можно разработать подробный план квалификационных мероприятий с использованием существующих стандартов, спецификаций или общепризнанных отраслевых практик, которые были подтверждены на применимость.

Следующие методы могут использоваться, отдельно или в комбинации, для предоставления квалификационных доказательств:

- анализ/инженерная оценка предыдущего, задокументированного опыта работы с аналогичным оборудованием и условиями эксплуатации;
- аналитические методы, такие как справочные решения, методы из существующих стандартов, эмпирических корреляций или математических формул;
- численные методы, такие как моделирование процессов, ВГД, МКЭ, модели коррозии и т. д.;
- экспериментальные методы;
- инспекции, чтобы удостовериться, что спецификации соответствуют или предположения действительны;
- разработка положений ОК/КК для изготовления/сборки;
- разработка положения для эксплуатации;
- разработка политики запаса;
- разработка операционных процедур, вытекающих из процесса квалификации технологии;
- разработка модификаций технологии, вытекающих из вышеизложенного, которые породили бы новую итерацию в цикле квалификации/разработки технологии.

Операционные процедуры являются важными элементами надежной технологии. Они должны быть задокументированы и реализованы при внедрении технологии. Реализация должна охватывать всю цепочку поставок и принимающую организацию.

Выбор методов квалификации и требуемой области применения зависит от риска связанного вида отказа, категории технологии и уровня доверия к методам. Цель состоит в том, чтобы определить план квалификации технологии, который обеспечивает наиболее надежные доказательства с максимально возможной экономической эффективностью. Поэтому выбор методов должен основываться на оптимизации соотношения затрат и точности. Каждый метод квалификации может адресовать несколько видов отказа. Таким образом, методы должны выбираться систематическим образом, чтобы уменьшить ненужное дублирование.

Альтернативные методы должны быть рассмотрены для наиболее дорогих квалификационных доказательств.

Наименьшая стоимость будет в основном получена путем использования тщательных теоретических аналитических моделей. Последующие неопределенности могут быть сфокусированы и устранены.

ны с помощью оптимизированных испытаний (альтернативой могут быть более обширные испытания для определения зависимостей и видов отказа).

Как правило, для изготовителей было бы полезно стандартизировать схему квалификации для небольших компонентов. Таким образом, запасы для некоторых применений могут быть неоправданно высокими, но оправданы общим снижением затрат, например фитинги для труб или электронные компоненты.

12.3 Влияния параметров и модели

Квалификационные мероприятия должны учитывать влияние неопределенностей в критических параметрах (влияния параметров).

Если существует проверенная численная или аналитическая модель для моделирования механизма отказа в предполагаемой среде, эта модель может использоваться для оценки влияния параметров, связанных с этим механизмом отказа.

Если достоверность доступной модели недостаточна, она должна быть подтверждена испытаниями для верификации прогнозов в соответствующем диапазоне параметров, охватывающих краткосрочное и долгосрочное поведение.

Если для влияния параметров не существует подходящей модели, ее можно разработать. Обоснованность новой модели должна быть подтверждена квалификационными действиями.

Проверенная численная или аналитическая модель должна использоваться для определения параметров, оказывающих наибольшее влияние на срок службы и надежность технологии.

Следующий квалификационный подход на основе моделей должен быть отражен в плане квалификации технологии:

- использовать или разрабатывать модели видов критического отказа, используя, насколько это возможно, модели, которые были доказаны;
- определять неопределенности в моделях и входных данных моделей;
- охарактеризовать входные данные для моделей с соответствующей неопределенностью;
- создать уверенность в моделях. Это достигается с помощью квалификационных мероприятий, которые бросают им вызов путем сравнения прогнозов на основе модели с соответствующими доказательствами, например из экспериментов, выполненных в рамках квалификации, опубликованных данных или опыта обслуживания;
- использовать модель для количественного определения влияний параметров.

Опыт обслуживания в других отраслях может быть подтвержден как релевантный и, следовательно, использован в качестве основы для укрепления доверия к квалификационным моделям.

Существует целый ряд аналитических моделей механизмов отказа. Некоторые методы подходят для прогнозирования вероятности возникновения механизма критического отказа. Другие аналитические методы не могут напрямую предсказать вероятность появления отказа. Если метод эмпирически обоснован для связи с вероятностью и является общепризнанным и приемлемым, правильное применение метода может использоваться для определения вероятности появления отказа.

Примером таких аналитических методов являются методы расчета механического напряжения, используемые для сосудов под давлением в соответствии со стандартом на сосуд под давлением. При условии, что не существует механизмов разрушения материала или усталости, напряжение, рассчитанное ниже критерия приемлемости, обеспечивает безопасный сосуд высокого давления в пределах ограничения стандарта и, следовательно, вероятность отказа, меньшую или равную той, которая определена или подразумевается стандартом. В этом случае сосуд под давлением может иметь вероятность отказа, указанную или подразумеваемую стандартом. Механизмы отказа, связанные с проектированием, изготовлением, применением и авариями, являются возможными источниками отказа, которые также должны быть приняты во внимание. Эти вероятности могут быть уменьшены за счет контроля качества, верификационных действий и операционных процедур. Влияния таких смягчающих действий могут быть включены на основе документированного опыта или инженерных решений.

В случае, если разумная модель не может быть установлена, влияние параметров может быть установлено с помощью квалификационных испытаний.

Когда это применимо, консервативное экспертное суждение, основанное на эмпирических данных, может использоваться для установления влияний критических параметров для механизмов отказа. Экспертное суждение требует квалифицированного персонала.

Должна быть установлена чувствительность системы к неопределенности критических параметров и обновлен список критических параметров.

Неопределенности в численных расчетах должны оцениваться на основе возможных неопределенностей:

- во входных параметрах;
- аналитическом методе;
- представлении результатов.

Результирующая неопределенность анализа должна быть определена на основе признанных методов.

Температура является примером частой причины неопределенности. Температура может повлиять на каждую часть в измерительной установке в одном и том же направлении и, таким образом, вызвать большую погрешность, чем предполагалось.

12.4 Экспериментальные методы

12.4.1 Общие сведения

Степень экспериментальных испытаний, необходимых для получения квалификационного свидетельства для технологии, зависит от типа технологии, достоверности расчетов, уровня оптимизации, на который она рассчитана, и степени документированного опыта работы с подобной технологией. В программе испытаний должны быть указаны:

- испытания, которые должны быть проведены;
- цель каждого испытания со ссылкой на целевые виды отказа и положения для квалификации технологии;
- критерии принятия результатов;
- предельные значения для проектирования испытания (например, максимальная нагрузка);
- параметры должны быть измерены и записаны;
- точность измерений;
- метод анализа записанных данных;
- обоснование, связывающее данные с видами отказа и положениями для квалификации технологии.

Эксперименты/испытания должны планироваться как часть квалификации. Целью квалификационных испытаний может быть:

- изучение новых элементов технологии и помощь в определении видов и механизмов отказа;
- предоставление эмпирических данных для оценки функциональности и надежности;
- определение или проверка критических параметров и их чувствительность;
- определение входных данных для моделей;
- прогнозирование на основе модели механизмов отказа. Чтобы противостоять моделям, испытания должны охватывать экстремальные значения критических параметров относительно основы квалификации.

Эти квалификационные испытания формируют основу и определяют результат квалификации.

Квалификация технологии также может указывать на испытания, которые должны быть выполнены после завершения квалификации, в качестве условия для развертывания технологии.

Каждый квалификационный тест должен быть разработан с учетом конкретной потребности, вытекающей из технологической квалификации.

Стандартные испытания разрабатываются для потребности, существовавшей на момент написания стандарта на испытание, неизбежно связанной с технологией, существовавшей в то время.

Ускоренные испытания могут сократить время и стоимость испытания. Такие испытания полезны, когда существует проверенная модель параметров и установлена неопределенность прогнозов на основе модели. Распространенной ошибкой является использование ускоренных методов испытаний, которые не доказаны.

Уверенность в экспериментальных данных должна быть обеспечена независимым анализом характеристик испытаний, включая контрольно-измерительные приборы и обеспечение качества тестовых мероприятий, а также независимым наблюдением за испытаниями в зависимости от обстоятельств.

Допуск точности каждого результата измерения должен быть установлен на основе перечня неопределенностей для каждого компонента. Это может повлиять на необходимые:

- точность калибровки;

- точность датчика;
- точность обработки сигналов;
- точность записи;
- точность показаний.

12.4.2 Испытания, определяющие характеристики

Испытания для получения характеристик определяют исходные данные для моделей квалификации. Эти испытания должны установить ключевые параметры, которые будут использоваться в проекте, когда они недоступны в признанной и приемлемой литературе или из документированного опыта.

Примеры включают в себя испытания для получения характеристик материалов, которые используются для оценки свойств материалов (включая их неопределенность), испытания для характеристики химической реактивности веществ, используемых в технологии, и испытания на старение, используемые для оценки того, как такие основные свойства развиваются со временем в контролируемых условиях.

12.4.3 Испытания компонентов и испытания прототипа

Прототипы компонентов, оборудования или систем могут подвергаться экспериментальной оценке либо в лаборатории, либо в ходе испытаний в контролируемых ситуациях, где можно управлять рисками.

Положения для квалификации технологии должны использоваться с соответствующими видами отказа для определения критериев успеха для испытаний компонентов и прототипов. Испытание до отказа — это единственный способ непосредственно измерить запас до отказа. Испытание до отказа значительно повышает ценность испытания по сравнению с испытанием функциональности, которое только подтверждает отсутствие отказа в испытываемых условиях.

На ранних этапах квалификации целью испытаний компонентов и прототипов может быть изучение новых элементов технологии и помощь в выявлении соответствующих видов и механизмов отказа или изучение критических параметров и их последствий. Если модели разрабатываются как часть квалификации, они должны учитывать критические параметры.

Еще одна цель испытаний компонентов и прототипов состоит в том, чтобы подвергать сомнению прогнозы на основе модели. Записи откликов и отказов в испытаниях обеспечивают прочную основу для сравнения с прогнозами на основе модели.

При условии, что условия испытаний достаточно близки к намеченным условиям эксплуатации, такие испытания можно рассматривать как физические модели, которые непосредственно подтверждают эффективность технологии. Если испытания могут предоставить статистически важные прогнозы оценок поведения технологии, такие испытания сами по себе могут служить доказательством, требуемым для соответствующего вида отказа.

Испытания компонентов и прототипов часто не могут быть предоставлены в достаточном количестве. Значение ограниченных испытаний может быть улучшено, концентрируясь на проверке моделей. Если проверка прошла успешно, тогда модель может быть включена в квалификационное свидетельство.

Разногласия между предсказанием модели и экспериментальными данными должны породить новые квалификационные мероприятия (итерации) для разрешения разногласий.

Рекомендуется проводить испытания прототипов и компонентов, чтобы обеспечить защиту от возможных неопознанных видов отказа, особенно если материалы являются новыми или используются в средах, где отсутствует соответствующий опыт обслуживания.

Испытательные образцы должны быть изготовлены с использованием того же исходного материала и компонентов, в соответствии с теми же производственными процедурами и теми же стандартами качества, которые указаны для использования в фактическом производстве, если только эти аспекты не оценены специально и не предоставлена документация о том, что испытательный образец безопасный, типичный и консервативный для своей цели или срока использования. Фактические допуски, достигнутые для всех критических параметров, должны регистрироваться для каждого испытательного образца. Обзор материалов и обзоры производства должны быть запланированы таким образом, чтобы гарантировать, что объекты испытаний соответствовали спецификациям.

Для случаев с приемлемыми последствиями отказа верификация может быть получена в фактическом применении в качестве альтернативы испытаниям прототипа.

12.4.4 Альтернативные испытания

12.4.4.1 Общие сведения

Квалификация технологии может идентифицировать определенные условные испытания на произведенных продуктах для определения соответствия критериям приемлемости. Как таковые они не являются квалификационными испытаниями. Примеры включают в себя:

- проверки гарантии качества, выполненные во время изготовления после того, как соответствующие технологии были квалифицированы, что подтверждает соответствие выводов из квалификации;
- приемо-сдаточные испытания перед каждой поставкой в качестве меры обеспечения качества, чтобы уменьшить вероятность того, что дефекты попадут в эксплуатацию;
- предварительные и послемонтажные испытания всей сборки для проверки надежности до и после завершения монтажа;
- пробное использование, представляющее собой первое использование, и поэтому его можно запланировать как расширенное испытание, чтобы получить больше опыта работы с системой, гарантируя, что все аспекты сложной системы были учтены;
- испытания, выполняемые в рамках технического обслуживания, чтобы подтвердить, что условия квалификации поддерживаются во время обслуживания (например, неразрушающий контроль) и т. д.

Важной частью процесса квалификации технологии является определение этих испытаний и критериев приемлемости для внедрения технологии.

Целью таких испытаний является предоставление доказательств, подтверждающих, что конечный продукт соответствует предположениям технологической квалификации. Несоответствие требует отказа от конкретного продукта, модификаций оборудования или переквалификации на измененные условия.

12.4.4.2 Испытания гарантии качества

Испытания гарантии качества выполняются в процессе изготовления, чтобы подтвердить соответствие производимого продукта спецификациям.

Испытания гарантии качества должны использоваться для проверки качества поставляемых подсистем (компонентов), когда это требуется для управления критическими параметрами в процессе квалификации технологии, например свойства материала, точность размеров, уровень загрязнения гидравлических жидкостей, электрическое сопротивление.

12.4.4.3 Приемо-сдаточные испытания

Приемо-сдаточные испытания должны предоставить как можно больше доказательств того, что система, оборудование или компонент соответствуют назначению и работают в соответствии с их функциональными характеристиками, прежде чем они покинут завод.

Испытания представляют собой часть процедуры контроля качества. Они должны представить достоверность отсутствия серьезных производственных дефектов. Предметы, которые должны быть включены в испытания, следует идентифицировать в процессе квалификации технологии. Проведение приемо-сдаточных испытаний четко разграничивает ответственность и уменьшает неопределенность.

В тех случаях, когда это целесообразно, можно провести заводские приемочные испытания, чтобы уменьшить вероятность повреждения или неопределенность в квалифицированном продукте.

12.4.4.4 Предварительные и послемонтажные испытания

Предварительные и послемонтажные испытания должны предоставить свидетельство того, что производительность поставленной и установленной технологии соответствует основе квалификации технологии. Эти испытания представляют собой часть процедуры контроля качества и обеспечивают уверенность в том, что нет серьезных дефектов сборки. Все элементы, идентифицированные в процессе квалификации технологии, должны быть включены в дополнение к любым таким испытаниям, которые обычно проводятся для апробированной технологии.

12.4.4.5 Пробное применение

Пробные применения предназначены для повышения уверенности в надежности посредством документирования того, что все виды отказа были должным образом рассмотрены в предыдущих квалификационных действиях, а также для снижения вероятности необнаруженных видов отказа.

12.5 Документированный опыт

Соответствующие данные опыта могут быть ценным источником доказательств, когда рабочие характеристики компонентов или функций должны быть задокументированы. Даже если существующие исторические данные не имеют прямого отношения к новой технологии, они могут внести следующий ценный вклад в процесс квалификации технологии:

- исторические данные могут быть получены и скорректированы в соответствии с новой технологией путем оценки соответствующих различий в воздействии критических параметров;
- исторические данные могут быть доступны для подсистем, функций или отдельных компонентов новой технологии. Это может быть использовано, когда новая технология подразделяется на управляемые элементы как часть процесса квалификации технологии, особенно в тех случаях, когда новая технология состоит из подсистем, функций и компонентов, которые проверены, но собраны вместе новым и другим способом.

13 Выполнение плана квалификации технологии

13.1 Общие сведения

Выполнение плана квалификации технологии представляет собой основные затраты в процессе квалификации технологии и может занимать много времени по сравнению с предыдущими этапами. Поэтому важно, чтобы квалификационные мероприятия были правильно выбраны и планировались для того, чтобы извлечь максимальную выгоду из затрат времени и ресурсов путем генерирования информации, необходимой для устранения идентифицированных видов отказа.

Выполнение плана квалификации технологии состоит из следующих основных ключевых шагов:

- выполнение действий, указанных в плане квалификации технологии;
- сбор и регистрация данных, полученных в результате соответствующих квалификационных мероприятий;
- обеспечение прослеживаемости этих данных;
- определение запаса эксплуатационных характеристик для каждого вида отказа.

Если существует задержка между разработкой плана квалификации технологии и его выполнением, рекомендуется пересмотреть его, чтобы убедиться, что в квалификационных действиях должным образом устранены вызывающие беспокойство виды отказа.

Мероприятия плана квалификации технологии должны выполняться в соответствии с указаниями, если только не планируется отклонение, т. е. оно вытекает из итерационного процесса.

Допущения и условия, которые должны быть выполнены квалифицированной технологией, должны быть документированы.

13.2 Обнаружение вида отказа во время квалификации

Виды отказа, обнаруженные во время контроля качества на производстве, квалификационных испытаний, приемочных испытаний, изготовления или более поздних операций, должны быть зарегистрированы и оформлены документом. Документация должна включать в себя дату обнаружения, описание вида отказа, другие наблюдения и личность отправителя.

Если в процессе квалификации технологии обнаружен отказ или вид отказа, возникновение вида отказа должно быть оценено с учетом следующих трех случаев:

- 1) вид отказа произошел в пределах ожидаемой частоты возникновения согласно анализу;
- 2) вид отказа произошел с большей частотой возникновения;
- 3) вид отказа не был рассмотрен.

В случае 1 дальнейшие действия не требуются. В случае 2 основные предположения о частоте возникновения должны быть повторно оценены. Повторная оценка должна включать в себя последствия для всех используемых моделей. В случае 3 необходимо рассмотреть вид отказа и, если он найден соответствующим, включить в процесс квалификации технологии.

13.3 Сбор и документирование данных

Документированные доказательства выполнения плана квалификации технологии должны позволить выполнить этап оценки эффективности. Сбор данных и их документация должны выполняться на уровне детализации, соответствующем стадии разработки технологии.

Качество полученных данных и соответствие спецификации в плане квалификации технологии должны быть оценены.

Регистр вида отказа должен использоваться для отслеживания сбора данных и общей квалификации технологии.

Электронная база данных может использоваться для этой цели, когда технология имеет много частей, подсистем или видов отказа, т. е. более 25. Цель этой базы данных — следить за развитием квалификации для каждого вида отказа и для каждой подсистемы детали.

Электронная база данных должна обеспечивать автоматическую сортировку с целью извлечения и представления ключевых данных и проблем в приоритетном порядке. Электронная база данных может включать:

- механизмы отказа в зоне среднего и высокого риска;
- механизмы отказа с кратчайшим временем до отказа;
- части или подсистемы с кратчайшим временем до отказа;
- детали, подверженные аналогичным типам механизмов отказа;
- отказ по общей причине;
- механизмы отказа, связанные с категоризацией риска технологии.

14 Оценка эксплуатационных характеристик

14.1 Общие сведения

Целью этой оценки эксплуатационных характеристик является обеспечение достоверности и устранение неопределенности связей между доказательствами, видами отказа и положениями для квалификации технологии.

Оценка эксплуатационных характеристик проводится в определенные моменты во время работы, чтобы подтвердить, что операции находятся в пределах допущений, содержащихся в основе квалификации технологии.

Ключевые этапы оценки эксплуатационных характеристик:

- выполнение интерпретации фактических данных в конкретных обстоятельствах и факторах технологии для учета упрощений и допущений, сделанных при получении фактических данных, а также ограничений и приближений в используемых методах;
- подтверждение, что квалификационные мероприятия были выполнены, и что критерии приемлемости соответствуют. Ключевой частью этого подтверждения является проведение анализа пробелов, чтобы убедиться, что квалификационные свидетельства для каждого идентифицированного вида отказа (см. раздел 8) соответствуют критериям приемки;
- выполнение анализа чувствительности соответствующих параметров влияния;
- оценивание уверенности, которая предполагалась в квалификационных свидетельствах посредством квалификационных мероприятий. Это должно учитывать степень, в которой характеристики испытаний были независимо рассмотрены, и результаты испытаний, проведенные независимой стороной;
- сравнение вероятности отказа или запаса эксплуатационных характеристик для каждого выявленного вида отказа. Доказательства должны распространяться на отдельные элементы новой технологии и проверяться по всей системе, охватываемой квалификацией технологии.

Когда эффекты параметров прогнозируются по моделям, оценка должна включать валидацию используемых моделей.

Когда служебные записи используются при оценке, должны учитываться условия, в которых были сделаны записи; и оценка должна учитывать, как отличаются предполагаемые условия эксплуатации.

Когда используются данные испытаний компонентов или прототипов, оценка должна учитывать фактические допуски, достигнутые в тестируемых объектах, относительно допусков, указанных для технологии; тем самым учитываются любые отклонения между производительностью объектов испытаний и уже находящихся в производстве.

Квалификационные выводы могут представлять собой безопасную зону обслуживания (которая позволила бы безопасную эксплуатацию при приемлемом уровне риска) за пределами рабочих условий, указанных в основе квалификации технологии. Это может упростить переквалификацию для измененных эксплуатационных критериев, т. е. более широкие обстоятельства и факторы обслуживания.

14.2 Надежность

14.2.1 Общие сведения

Если цель надежности указана в основе квалификации технологии, то должна быть проведена количественная оценка надежности с учетом информации, полученной в результате выполнения плана квалификации технологии.

Для отказов, зависящих от времени, предполагаемое время до отказа должно быть указано на конкретную временную привязку, например общее время жизни системы или запланированное время обслуживания.

Общая вероятность отказа системы определяется:

- видами отказов отдельных компонентов в системе;
- вероятностью этих видов отказа;
- распределением плотности вероятностей срока службы, которое является функцией времени, специальных операций или других параметров;
- любыми зависимостями между компонентами или общими причинами, которые могут привести к нескольким видам отказа;
- следствиями видов отказа по частоте отказов системы с учетом избыточности.

Несколько установленных методов могут быть использованы для оценки надежности. Они кратко описаны ниже.

14.2.2 Исходные данные

Анализ надежности должен основываться на видах отказов, установленных в соответствии с разделом 11. Анализ надежности должен основываться на доказательствах, собранных в ходе выполнения процесса квалификации технологии.

14.2.3 Методы

Для оценки надежности следует применять методы:

- метод блок-схемы расчета надежности (RBD), который рассматривает систему с компонентами последовательно и параллельно;
- анализ дерева отказов (FTA), который рассматривает комбинации подсистем, отказов более низкого уровня и отказов компонентов. FTA — это нисходящий анализ, поэтому его необходимо повторять для каждого главного события;
- моделирование RBD по методу Монте-Карло, FT или более сложных систем с использованием некоторого подходящего программного инструмента.

Цель надежности может составлять 90 % вероятности отсутствия полного отказа функции в течение указанного времени.

Многие механизмы отказа связаны со временем и операциями. У них увеличивается вероятность появления со сроком службы. В анализе этот эффект описывается распределением вероятностей. Следовательно, особенно важно установить распределение для отказа с наибольшим риском.

Отказы, возникающие на ранних этапах эксплуатации, часто связаны с изготовлением или установкой. Высокое качество проверок перед установкой и испытаний после установки уменьшит такой риск. Поэтому анализ должен включать в себя акцент на последствия таких проверок и испытаний, а также практики управления качеством, чтобы в первую очередь предотвратить возникновение неисправностей.

Для сложной системы надежность системы и ее соответствующее распределение могут быть определены методами моделирования.

Сложная система имеет много видов отказов, каждый из которых связан с распределением вероятности отказов. Надежность системы и связанное с ней распределение могут быть определены методами моделирования Монте-Карло. Надежность системы рассчитывается большое количество раз. Для каждого расчета устанавливается новая вероятность отказа для каждого вида отказа, взятого из статистического распределения этого конкретного вида отказа. Результирующие значения надежности системы складываются, чтобы сформировать распределение вероятности отказа для всей системы. На основе этого распределения может быть рассчитано среднее время до отказа и другие статистические параметры, такие как более низкий приемлемый квантиль, допустим, 90 % вероятности отсутствия отказа.

Для этой цели на рынке представлен целый ряд компьютерных программ.

Когда соответствующие данные о надежности отсутствуют, методы оценки структурной надежности могут использоваться для оценки надежности новых конструктивных элементов и компонентов. Метод оценки структурной надежности основан на моделях механизмов отказа.

14.3 Принятие решений

Оценка эффективности заканчивается назначением лица, принимающего решение, которое решает, достигнут ли конкретный этап (состояние квалификации) в программе квалификации технологии.

В целом, принятие решений основано:

- на демонстрации соответствия положениям, указанным в основе квалификации технологии;
- оценке экспертов или независимой стороны — независимо от того, достигнута ли указанная стадия разработки;
- уверенность, которую лица, принимающие решения, приобрели благодаря лучшему пониманию новой технологии.

Этот положительный или отрицательный результат составляет результат квалификации технологии, как описано в настоящем стандарте, и является единственным показателем доверия, который был установлен в технологии.

Ключевые слова: нефтяная и газовая промышленность, системы подводной добычи, квалификация технологии, методические указания

Редактор *Е.Ю. Митрофанова*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *О.В. Лазарева*
Компьютерная верстка *Е.А. Кондрашовой*

Сдано в набор 07.02.2024. Подписано в печать 01.03.2024. Формат 60×84%. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 3,72. Уч.-изд. л. 3,34.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «Институт стандартизации»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.
www.gostinfo.ru info@gostinfo.ru