ИНСТИТУТ СЕРТИФИКАЦИИ
СИСТЕМ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА
автономная некоммерческая организация

Внедрение программы «Проектирование с учетом требований к надежности»

Design for Reliability (DfR)

Моховая ул., д. 11, стр. 3
г. Москва

Тел.: (495) 730 50 10

info@6sigmas.ru
www.6sigmas.ru

Оглавление

Общая информация 2

Цикл DfR 4

Идентификация

Проектирование

Анализ

Верификация

Валидация

Мониторинг и контроль

Разработка метрик надежности 9

Оценка рисков программы надежности

Оценка программы надежности

Вызовы программы DfR 11

АНО «ИС СМК» 12

Контакты 13

Общая информация

Надежность больше не является поддерживающим видом деятельности, обеспечиваемая соответствующей группой инженеров. Цели, проблемы и деятельность по обеспечению надежности продукта интегрированы почти в каждую функцию и процесс современной организации. Каждая организация должна учитывать надежность в каждом решении, чтобы обеспечить производство успешного продукта.

Устаревшая философия «тестировать-анализировать-и исправлять» более не имеет места в современном процессе проектирования продукции по причине постоянного давления в отношении снижения затрат и сокращения циклов проектирования продукции.

Мотивация внедрения процесса проектирования для обеспечения надежности (DfR) заключается в следующем:

- Более высокий спрос на надежность, который не может быть достигнут с использованием предыдущих методов обеспечения надежности;
- Более быстрое время выхода продукта на рынок
- Больше внимания снижению затрат;
- Быстроразвивающиеся технологии, которые создают новые риски для разработки продукции.

Успешная реализация процесса DfR сокращает цикл разработки продукта, стоимость проектирования и повышает удовлетворенность клиентов.

В наши дни специалисты по надежности все больше и больше интересуются термином «Проектирование с учетом требований к надежности[1]» (Design for Reliability, DfR). Все больше компаний популяризируют DfR как часть своего процесса проектирования, по методам DfR обучение проводится все больше разнообразных тренингов[2].

Что же на самом деле представляет собой проектирование с учетом требований к надежности?

Поскольку этот термин зачастую используется не вполне корректно и не всегда к месту, в начале необходимо определить, к чему Проектирование с учетом требований к надежности не имеет отношения:

[1] Литературный перевод Design. Для понимания сути термина DfR целесообразно привести определение термина «дизайн». Дизайн — это деятельность, синтез проектного мышления и творчества, целью которой является определение формальных качеств промышленных изделий (промышленный дизайн). Эти качества включают внешние черты изделия, а также структурные и функциональные взаимосвязи, которые превращают изделие в единое целое как с точки зрение потребителя, так и с точки зрения изготовителя.
[2] В основном, в США и Европе.

- К составлению перечня всех возможных мероприятий по надежности с последующей попыткой охватить как можно большее их количество в течение процесса разработки продукта;
- К использованию только определенных выбранных инструментов DfR;
- К предположению, что надежность продукта является ответственностью исключительно инженера по надежности, который, по сути, не является владельцем продукта, хотя может быть своеобразным наставником в вопросе обеспечения надежности. Роль владельца продукта отводится строго проектировщику;
- К выполнению аналитической работы и откладыванием тестирования до этапа тестирования системы непосредственно, к которому приступают как можно быстрее и проводят проверку надежности по методу «тестирование-анализ-исправление»;
- К работе только элементами собственной разработки, без малейшего беспокойства об элементах сторонних разработчиков;
- К работе в изоляции от прочих служб (электрики, механики, программисты), даже если они применяют некоторые или большинство инструментов DfR;
- К игнорированию взаимодействия между службами и точек зрения системного уровня.

Проектирование с учетом требований к надежности (DfR) — это новая дисциплина, которая относится к процессу проектирования надежности в продуктах и полной противоположностью подходу «тестирование-анализ-исправление», которого, к сожалению, все еще многие организации придерживаются. DfR включает несколько инструментов и практик, а также порядок их развертывания, которыми должна руководствоваться организация в целях повышения надежности своих продуктов. В частности, DfR — это:

- Процесс, который начинается с самых ранних стадий проектирования и должен быть интегрирован в каждый этап этого процесса;
- Постановка целей в начале программы, а затем разработка плана по достижению целей;
- Установка целей надежности, реализуемых командой по проектированию, при этом команда инженеров по надежности выступает в качестве наставников;
- Наличие метрик и контрольных точек для измерения достижения целей;
- Наличие плана обеспечения надежности для управления программой.
- Использование наилучших доступных научно обоснованных методов для достижения надежности.

Цикл DfR

Основными этапами цикла DfR являются следующие:

1. Идентификация;
2. Проектирование;
3. Анализ;
4. Верификация;
5. Валидация;
6. Мониторинг и контроль.

Идентификация

Цель этапа идентификации — определить и количественно оценить требования к надежности продукта, а также условия его использования конечным пользователем. Для этого необходимо рассмотреть ожидания клиентов и перевести их в технические в технические характеристики (например, продукт должен прослужить 15 лет). Также необходимо разработать конкретные требования к испытаниям на воздействие окружающей среды (например, преобразовать требование срока службы B5 при 450 тыс. км для тяжелого грузовика требования к испытаниям и размеру выборки для проведения испытаний). Затем определить технологические ограничения (например, аккумулятор, оптика, конкретные компоненты и т. д.) и соответствующие стратегии валидации[3]. К некоторым инструментам, используемым на этапе идентификации, относятся:

- Постановка целей;
- Разработка метрик;
- Бенчмаркинг;
- Анализ разрывов;
- Разработка плана программы обеспечения надежности;
- Развертывание функции качества[4] (Quality Function Deployment, QFD).

Цели и метрики надежности связывают воедино все этапы жизненного цикла продукта. Тщательно продуманные цели обеспечивают цель для бизнеса, которую нужно достичь; фактически они задают направление. Цели надежности могут быть получены из:

- Указанных заказчиком напрямую или подразумеваемых им требований;
- Внутренних указаний компании или самостоятельно установленных требований в стремлении сделать продукт лучше предыдущих версий;
- Сравнительного анализа конкурентов;
- Отраслевых стандартов;

[3] Сопоставление функциональности продукции со спецификацией требований для оценки его соответствия предписанным требованиям клиента.
[4] Или Дома качества

- Инженерного здравого смысла.

К метрикам надежности относятся:

- контрольные точки,
- индикаторы достижения цели и обратная связь, которая требуется всем элементам организации для продолжения движения к достижению своих целей.

Программа надежности и план интеграции имеют решающее значение в начале жизненного цикла продукта, поскольку в этом плане определяются:

- Общие цели продукта и каждого узла;
- Предыдущая производительность продукта;
- Размер разрыва (по отношению, например, к конкурентам);
- Ограничения;
- Элементы/инструменты для обеспечения надежности;
- Реализация и интеграция каждого инструмента для обеспечения надежности для достижения целей;
- График достижения целей.

Проектирование

Фаза проектирования — это этап, на котором начинаются конкретные действия по проектированию продукта, например, такие как компоновка схемы, механический чертеж, выбор компонента/поставщика и т. д. Таким образом, на данном этапе начинает формироваться более четкая картина того, что продукт должен делать.

На данном этапе возможно определить более конкретные требования к надежности продукта, определить риски в отношении конструкции и программного обеспечения[5]. К инструментам, используемым на этапе проектирования, относятся:

- Прогнозирование надежности (сравнение альтернативных вариантов конструкции, определение предпочтительных компонентов и поставщиков);
- Сопоставление затрат;
- Оценка допусков;
- Лучшее понимание спецификаций заказчика;
- Анализ видов и последствий отказов (FMEA).

[5] Чем больше изменений к конструкции/приложении, тем больше рисков определяется.

Анализ

На этапе анализа необходимо предварительно оценить надежность продукта, сопоставив с грубой оценкой, полученной на ранней стадии проектирования. На этом этапе важно рассмотреть все потенциальные источники отказа продукта. Это требует тесного сотрудничества между инженером по надежности и командой проектировщиков. К инструментам, используемым на этапе анализа, относятся:

- Анализ конечных элементов (Finite Element Analysis, FEA);
- Физика отказов (Physics of Failure, PoF);
- Прогнозирование надежности (Reliability Prediction);
- Блок-схема надежности (Reliability Block Diagram, RBD);
- Инженерное суждение, экспертные мнения, существующие данные;
- Данные анализ гарантий существующих продуктов;
- Обзор конструкции по виду отказа (Design Review by Failure Mode, DRBFM)
- Анализ прочности на разрыв (Stress-Strength Analysis);
- Обновленный FMEA.

Верификация

На этапе верификации создается прототип. Необходимо количественно оценить всю предыдущую работу на основе результатов испытаний. На данном этапе прототип должен быть готов к испытаниям и более подробному анализу. По сути, данный этап представляет из себя итеративный процесс, в ходе которого проводятся различные типы испытаний, выявляются слабые стороны продукта, анализируются результаты, вносятся изменения в конструкцию. К инструментам, используемым на этапе верификации, относятся:

- Высокоускоренное испытание на долговечность (Highly Accelerated Life Testing, HALT);
- Ускоренное испытание на долговечность (Accelerated Life Testing, ALT);
- Испытание до отказа (анализ данных о долговечности) Test to failure (Life data analysis);
- Анализ деградации;
- Процесс роста надежности (Reliability Growth Process) при наличии достаточного количества данных;
- Обзор конструкции на основе результатов испытаний (Design Review Based on Test Results, DRBTR).

Валидация

Валидация обычно включает в себя тестирование на соответствие функциональным и экологическим требованиям в целях подготовки к производству. На данном этапе необходимо убедиться в том, что продукт готов к массовому производству. Для повышения надежности могут потребоваться изменения в конструкции. К инструментам, используемым на этапе валидации, относятся:

- Валидация конструкции (включая ускоренное испытание на срок службы, Accelerated life testing (ALT)) и демонстрацию надежности);
- Валидация процесса.

Примечание: часто график программы не оставляет времени для теста до отказа на этом этапе. Большая часть должна быть сделана на предыдущих этапах. Поэтому этап валидации чаще выполняется путем теста до успеха, а не теста до отказа.

Мониторинг и контроль

На этапе мониторинга и контроля необходимо убедиться в том, что процесс остается неизменным, а отклонения остаются в пределах допусков. К инструментам, используемым на этапе валидации, относятся:

- Контрольные карты и индекс возможностей/производительности процесса (Cpk, Ppk);
- Надежность работы оператора;
- Постоянное соответствие;
- Анализ возврата на месте (гарантия) и прогнозирование;
- Текущее тестирование надежности (Ongoing reliability testing, ORT);
- Аудиты;
- Извлеченные уроки для следующего поколения продуктов для корректного закрытия цикла DfR.

Процесс DfR, показывающий соответствующие методы и инструменты, представлен на рисунке.

К ключевым условиям для внедрения мероприятий DfR относятся следующие:

- Начало мероприятий DfR выполняется на ранней стадии процесса;
- Работа инженера по надежности заключается в руководстве/обучении команды проектировщиков;
- Интеграция инженеров по надежности и качеству с командами проектировщиков;
- Анализ гарантийных/полевых данных (как статистический, так и анализ первопричин) должен быть передан как командам проектировщиков, так и командам по надежности;
- Количество инструментов DfR должно быть сокращено[6], но использовано добросовестно. Ни все шаги, ни инструменты не являются необходимыми для всех программ.

[6] Совсем не обязательно использовать все имеющиеся инструменты DfR.

Разработка метрик надежности

Оценка рисков программы надежности

Для того, чтобы управлять ограниченными инженерными ресурсами и поддерживать соответствующий уровень деятельности DfR, инженерная группа может выполнить оценку рисков программы. На ранней стадии разработки программы необходимо задать следующие вопросы:

- Будет ли этот продукт содержать какую-либо новую технологию с неподтвержденной надежностью?
- Будет ли эта конструкция существенно отличаться от старой (например, более 30% содержимого является новым)?
- Будет ли этот продукт использоваться в других географических регионах или подвергаться более экстремальным условиям эксплуатации?
- Есть ли у этого продукта новые требования (например, срок службы 15 лет вместо 10 лет)?
- Будет ли у этого продукта новое применение?
- Будут ли в конструкции использоваться новые материалы?
- Будут ли у этого продукта новые поставщики?
- Будет ли продукт производиться на другой производственной площадке?
- Есть ли какие-либо другие изменения, которые могут повлиять на надежность?

Чем больше утвердительных ответов, тем выше риск программы – тем больше инструментов DfR необходимо использовать при разработке продукта в целях обеспечения его надежности.

Оценка программы надежности

Оценка программы надежности — это детальная оценка подхода организации и процессов, вовлеченных в создание надежных продуктов. Она также может служить для оценки уровня деятельности DfR в организации. Оценка фиксирует текущее состояние организации и приводит к применяемому плану программы обеспечения надежности (Reliability Program Plan, RPP). Результаты оценки отображаются в соответствующей матрице зрелости надежности.

Стандарт IEEE 1624[7] приводит методологию оценки, которая определяет ключевые практики (категории) надежности:

1. Требования и планирование надежности;
2. Обучение и развитие;
3. Анализ надежности;
4. Тестирование надежности;
5. Управление цепочкой поставок;
6. Отслеживание и анализ полевых данных;

[7] Произносится как «Ай-Трайпл И», аббревиатура от Institute of Electrical and Electronics Engineers (США).

7. Верификация и валидация;
8. Улучшения надежности.

Стандарт IEEE 1624 определяет надежность организаций и определяет критерии оценки надежности организации. Он предназначен для использования всеми организациями, которые проектируют, производят или закупают электрические/электронные компоненты или продукцию. Хотя концепции, описанные в настоящем стандарте, могут быть применены как к аппаратным, так и к программным продуктам, основное внимание в нем уделяется аппаратным продуктам.

Для каждой из 8 практик надежности стандарт IEEE 1624 определяет входы, требуемые действия (процессы) и выходы. Каждая из этих категорий оценивается индивидуально по шкале зрелости от 1 до 5 баллов. Пример представлен в таблице.

Категория надежности	**Уровень 1 «Состояние неопределенности»**	**Уровень 2 «Состояние пробуждения»**	**Уровень 3 «Состояние озарения»**	**Уровень 4 «Состояние глубокого познания»**	**Уровень 5 «Состояние стабильности»**
Разрешение проблем	Применяется метод «тушения пожара», коренная причина не устанавливается и не анализируется, перекладывание ответственности и обвинения	Команды настроены на решение большинства проблем. Перспективные, дающие долгосрочный устойчивый результат, решения, не выявляются и не внедряются.	Применяется процесс корректирующих действий. Проблемы распознаются и разрешаются обычным способом.	Проблемы выявляются на раннем этапе разработки. Все службы доступны для обсуждения и выработки решений.	Все проблемы предотвращаются, за исключением необычных случаев.

Для оценки текущего уровня зрелости надежности необходимо выбрать утверждение, которые является верным для организации. Полученные результаты возможно сопоставить с целевыми уровнями зрелости.

Вызовы программы DfR

Известен ряд различных вызовов при внедрении программы DfR. Вот некоторые из них:

- Необходимость ускоренного вывода продукта на рынок, поэтому обязательные шаги цикла DfR пропускаются;
- Инженеры по надежности заняты текущими проектами, а новые проекты начинаются без их участия;
- Необходимость понимания DfR проектировщиками: это необходимо для того, чтобы они могли управлять программой;
- Корпоративная культура: способна ли она воспринять DfR? Как получить поддержку руководства? Для этого требуется терпение и решение проблем с обеспечением необходимой поддержки со стороны топ-менеджмента;
- Убеждение в том, что «Мы уже достаточно хороши». Зачем нам нужен DfR?

Есть также варианты преодоления проблем. Вот несколько из них:

- Обоснование затрат;
- Поддержка со стороны руководства;
- Обучение проектировщиков;
- Голос клиента;
- Возможность измерения успеха (показатели, включая ROI).

DfR — это процесс, который начинается с самой ранней стадии проектирования и должен быть интегрирован в каждый этап этого процесса. В результате этого процесса надежность должна быть заложена в продукты и процессы с использованием наилучших доступных научно обоснованных методов.

Успешная реализация процесса DfR неизбежно приведет к сокращению времени разработки продукта, а также к общему снижению затрат на жизненный цикл продукта.

АНО «ИС СМК»

Автономная некоммерческая организация «Институт сертификации систем менеджмента качества» (АНО «ИС СМК») существует на российском рынке 19 лет. Начиная с 2013 года, организация развивает практику непрерывных улучшений и специализируется преимущественно на методологии «Лин 6 сигм», считая ее наиболее эффективным и перспективным подходом к модернизации производственных систем, развертыванию систем управления операционной деятельностью и внедрению процесса непрерывного улучшения. Компетентность экспертов АНО «ИС СМК» подтверждена международными сертификатами. Опыт работы включает реализацию проектов крупного масштаба в российских и международных компаниях.

Уникальными компетенциями экспертов АНО «ИС СМК» являются управление изменениями (Change Management), внедрение производственных систем по разработке и развитию новых продуктов (Lean Product Development) и организация разработки новых продуктов и производственных процессов (Design for Six Sigma). В отличие от многочисленных российских организаций АНО «ИС СМК» не специализируется на обучении, а фокусируется на системности и последовательности мероприятий и инициатив в области непрерывного улучшения процессов при наличии поддержки на уровне топ-менеджмента.

АНО «ИС СМК» оказывает услуги по внедрению системы непрерывных улучшений процессов полного цикла в целях обеспечения более устойчивых и долгосрочных результатов. Основные услуги включают:

- **Разработку программы трансформации**: формулирование видения будущего состояния, цели непрерывного улучшения на стратегическом, тактическом и операционном уровнях, описание модели оценки зрелости процессов, описание поддерживающей инфраструктуры, план внедрения концепции непрерывного улучшения;
- **Проведение стратегической сессии для руководства** предприятия в целях вовлечения руководства в проект по внедрению концепции непрерывного улучшения и выработки целей в области непрерывного улучшения процессов;
- **Разработку системы непрерывного улучшения процессов:** формулирование инфраструктуры, ролей и ответственности работников, задействованных в процессе непрерывного улучшения, с указанием требований к их компетенциям, разработка регламента процесса непрерывного улучшения, включая процедуру выбора и приоритизации проектов для реализации, а также их метрики;
- **Управление изменениями:** проведение оценки корпоративной культуры, подготовка рекомендаций по трансформации корпоративной культуры и разработка плана действий по ее трансформации и оценке эффективности мероприятий;
- **Обучение персонала.**

Контакты

АНО «Институт сертификации систем менеджмента качества»

Фактический адрес: г. Москва, 125009, ул. Моховая, д. 11, стр. 3

Юридический адрес: г. Москва, 123022, ул. Трехгорный Вал, д. 22, стр. 1

Телефон: +7 (495) 730 50 10

info@6sigmas.ru

www.6sigmas.ru