

Лекция 5.1 Анализ видов и последствий потенциальных отказов (FMEA)

Цели лекции – целью лекции является ознакомление с технологией анализа видов и последствий потенциальных отказов (FMEA), которая используется для снижения риска для потребителя от потенциальных дефектов разрабатываемых продуктов и процессов.

Задачи лекции:

- снизить затраты и уменьшить риск возникновения дефектов;
 - выявить дефекты, которые обуславливают наибольший риск для потребителя, и определить их потенциальные причины;
 - разработать корректирующие действия по устранению дефектов до их появления;
 - предупредить затраты на исправление дефектов;
 - научиться проводить FMEA-анализ, используя типовые формы и правила его проведения;
 - ознакомиться с этапами проведения FMEA-анализа и алгоритмом расчета параметра риска (RPZ).

Анализ видов и последствий потенциальных отказов (Failure Mode and Effects Analysis, FMEA) - это систематический, проактивный метод, используемый для выявления, оценки и приоритизации потенциальных отказов в системе, продукте, процессе или услуге. Основная цель FMEA заключается не в устранении уже возникших проблем, а в предотвращении их появления путем заблаговременного внесения изменений в конструкцию или технологический процесс.

Методология FMEA зародилась в конце 1940-х годов в американской армии, затем активно использовалась NASA в рамках космических программ (особенно в 1960-х) для обеспечения максимальной надежности и безопасности. Впоследствии FMEA стала краеугольным камнем в автомобильной, аэрокосмической и других высокотехнологичных отраслях, став одним из обязательных инструментов планирования качества (APQP).

FMEA позволяет определить, как система может отказать, какие последствия это повлечет и какие меры необходимо предпринять для минимизации риска.

Основные Концепции FMEA

FMEA строится на анализе трех ключевых элементов риска, которые объединяются для расчета Приоритетного числа риска (RPN).

1. Вид Отказа (Failure Mode)

Вид отказа - это способ, которым компонент, процесс или система может потенциально отказать в выполнении своей функции. Это описание того, как именно произойдет сбой.

- Примеры (для изделия): «Разрушение корпуса», «Перегрев подшипника», «Обрыв электрического соединения».

- Примеры (для процесса): «Неправильная установка детали», «Использование неверного инструмента», «Пропуск контрольной операции».

2. Последствия Отказа (Effect of Failure)

Последствия отказа описывают, что произойдет, если данный вид отказа действительно проявится. Оценка последствий проводится с точки зрения конечного потребителя, последующего процесса или системы в целом.

- Примеры: «Травма пользователя», «Остановка производственной линии», «Необходимость дорогостоящего ремонта», «Несоответствие нормативным требованиям».

3. Причина Отказа (Cause of Failure)

Причина отказа - это конкретный дефект, ошибка или слабое место, которое приводит к возникновению вида отказа. Причина должна быть четко сформулирована, чтобы можно было разработать конкретные корректирующие действия.

Примеры: «Недостаточная толщина стенки (ошибка проектирования)», «Чрезмерная вибрация станка (ошибка процесса)», «Низкое качество сырья (ошибка поставщика)».

FMEA-анализ (Failure Mode Effect Analyses) представляет собой технологию анализа возможности возникновения дефектов и их влияния на потребителя.

FMEA - анализ проводится преимущественно для разрабатываемых продуктов и процессов с целью снижения риска потребителя от потенциальных дефектов.

FMEA - анализ является одной из стандартных технологий анализа качества изделий и процессов, использующей типовые формы представления результатов анализа и правила его проведения.

Данный вид функционального анализа позволяет:

- снизить затраты и уменьшить риск возникновения дефектов;
- дает возможность выявить именно те дефекты, которые обуславливают наибольший риск для потребителя, определить их потенциальные причины;
- выработать корректирующие действия по устранению дефектов еще до их появления;
- предупредить затраты на исправление дефектов.

Этапы проведения FMEA-анализа:

1) построение компонентной, структурной, функциональной и потоковой моделей объекта анализа;

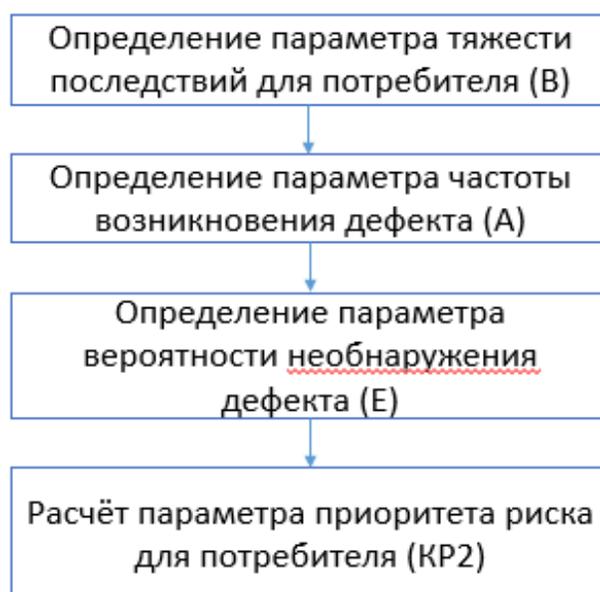
2) исследование моделей, в ходе которого определяются:

- потенциальные дефекты для каждого из элементов компонентной модели объекта. Такие дефекты обычно связаны или с отказом функционального элемента (его разрушением, поломкой и т.д.), с неправильным выполнением

элементом его полезных функций (отказом по точности, производительности и т.д.) или с вредными функциями элемента.

- потенциальные причины дефектов;
- потенциальные последствия дефектов для потребителя; поскольку каждый из рассматриваемых дефектов может вызвать цепочку отказов в объекте, при анализе последствий используются структурная и потоковая модели объекта;
- возможности контроля появления дефектов. Определяется, может ли дефект быть выявленным до наступления последствий в результате предусмотренных в объекте мер по контролю, диагностике и др.

Для оценки каждого из выявленных дефектов используется следующий расчетный алгоритм.



1) на основе экспертных оценок определяются следующие параметры, характеризующие дефект:

а) параметр тяжести последствий для потребителя (В). Проставляется обычно по 10-балльной шкале; наивысший балл проставляется для случаев, когда последствия дефекта влекут юридическую ответственность;

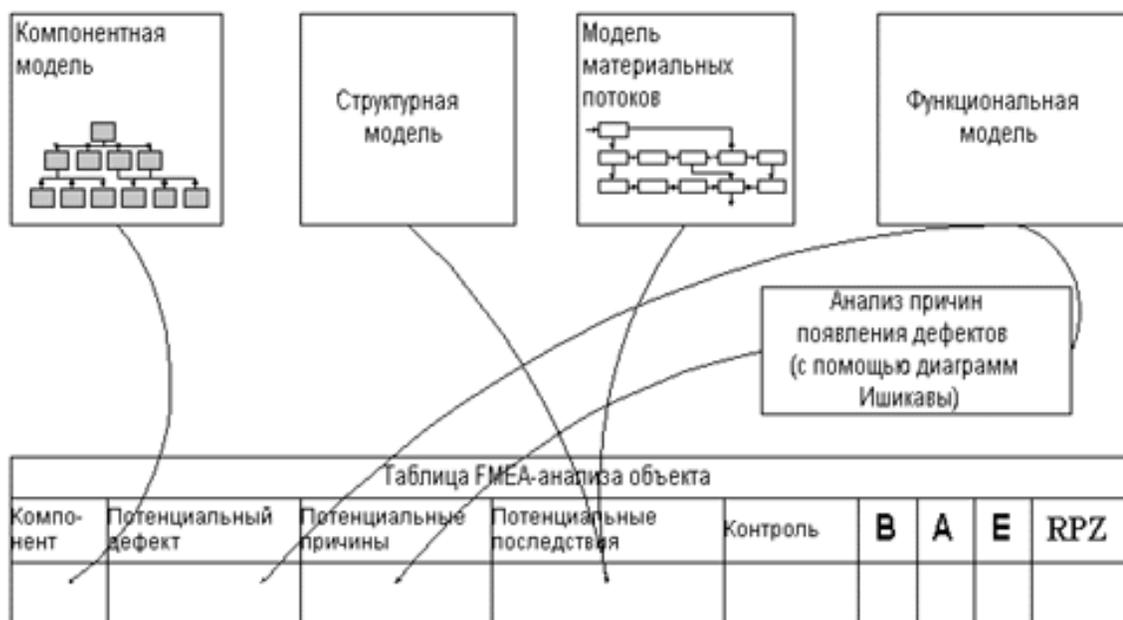
б) параметр частоты возникновения дефекта (А). Проставляется по 10-балльной шкале; наивысший балл проставляется, когда оценка частоты возникновения составляет 1/4 и выше;

1) на основе экспертных оценок определяются следующие параметры, характеризующие дефект:

а) параметр тяжести последствий для потребителя (В). Проставляется обычно по 10-балльной шкале; наивысший балл проставляется для случаев, когда последствия дефекта влекут юридическую ответственность;

б) параметр частоты возникновения дефекта (А). Проставляется по 10-балльной шкале; наивысший балл проставляется, когда оценка частоты возникновения составляет 1/4 и выше;

Результаты анализа заносятся в "Таблицу FMEA - анализа объекта"



Рекомендуется рассматривать «направления воздействия» корректировочных мероприятий в следующей последовательности:

- исключить причину возникновения дефекта. При помощи изменения конструкции или процесса уменьшить возможность возникновения дефекта (уменьшается параметр А);

- воспрепятствовать возникновению дефекта. При помощи статистического регулирования помешать возникновению дефекта (уменьшается параметр А);

- снизить влияние дефекта. Снизить влияние проявления дефекта на заказчика или последующий процесс с учетом изменения сроков и затрат (уменьшается параметр В);

- облегчить и повысить достоверность выявления дефекта. Облегчить выявление дефекта и последующий ремонт (уменьшается параметр Е).

Для повышения качества процесса или изделия в рамках корректировочных мероприятий могут предусматриваться: изменение структуры объекта (конструкции, схемы и т.д.); изменение процесса функционирования объекта (последовательности операций и переходов, их содержания и др.); улучшение системы менеджмента качества предприятия.

После проведения корректировочных мероприятий заново пересчитывается параметр RPZ. Если не удалось его снизить до приемлемых пределов (малого риска ($RPZ < 40$) или среднего риска ($RPZ < 100$)), разрабатываются

дополнительные корректировочные мероприятия и повторяются предыдущие шаги.

FMEA рассмотрим на примере сборки каркасных узлов хвостового оперения самолетов.

Потенциальный дефект	Потенциальная причина	Потенциальные последствия	Результаты действий			
			B	A	E	RPZ
Несоответствие теоретического контура	Некачественная сборка, недостаточное контрольное оснащение в процессе сборки	Несоответствие по техническим и технологическим требованиям	6	4	2	192
Зазоры между поясами и панелями	Некачественная сборка	Несоответствие по техническим и технологическим требованиям	5	4	8	180
Несоответствие чертежу установленного крепежа	Некачественная сборка	Несоответствие по техническим и технологическим требованиям	3	2	5	30
Утяжка обшивок вокруг головок заклепок крепления панелей	Некачественная сборка. Большие концентрации напряжений в местах установки заклепок	Разрушение детали	4	3	6	72

Данные таблицы показывают, что сложнее всего обнаружить несоответствия теоретического контура. Их можно выявить только после сборки агрегата. Данный дефект является наиболее опасным последствием для потребителя. К такому дефекту, как правило, приводят неправильные размеры при сборке, а также недостаточно точное контрольное оснащение в процессе сборки.

Не нуждаются в разработке корректирующих мероприятий такие дефекты, как «Несоответствие чертежу установленного крепежа» и «Утяжка обшивок вокруг головок заклепок крепления панелей» так как для этих дефектов PRZ < 100.

Таким образом, в ходе выполненного анализа установлено, что в процессе сборки каркасных узлов хвостового оперения, наиболее часто возникают два типа дефекта:

- несоответствие теоретического контура агрегата;
- зазоры между поясами и панелями.

Для разработки корректирующих мероприятий рассмотрим более подробно причины возникновения данных дефектов.

Таким образом, в ходе выполненного анализа установлено, что в процессе сборки каркасных узлов хвостового оперения, наиболее часто возникают два типа дефекта:

- несоответствие теоретического контура агрегата;
- зазоры между поясами и панелями.

FMEA становится "живым" документом, который накапливает знания об отказах, рисках и эффективных контрольных мерах, служа для обучения персонала и как основа для будущих проектов.

Методология FMEA является требованием или высокорекорендуемым инструментом во многих стандартах управления качеством, таких как ISO 9001, а также в отраслевых стандартах, например, IATF 16949 (автомобильная промышленность).

В целом, FMEA обеспечивает структурированный подход к управлению риском, позволяя руководству и техническим специалистам концентрировать ресурсы на самых критичных проблемах, тем самым обеспечивая высокое качество и долговечность выпускаемой продукции.

Контрольные вопросы по лекции 5.1

1. Что представляет собой FMEA-анализ и в каких случаях он применяется преимущественно?
2. Какие основные модели объекта анализа (компонентную, структурную, функциональную, потоковую) используются на первом этапе FMEA, и для чего они служат?
3. Опишите содержание второго этапа FMEA-анализа, в ходе которого исследуются модели, и какие ключевые аспекты при этом определяются.
4. Какие три параметра (В, А, Е) используются для оценки каждого выявленного дефекта, и что характеризует каждый из них?
5. В каких случаях параметру тяжести последствий (В) проставляется наивысший балл?

6. В каких случаях параметру частоты возникновения дефекта (А) проставляется наивысший балл?

7. Как рассчитывается параметр приоритета риска для потребителя (RPZ), и что он показывает?

8. Перечислите и опишите рекомендованные "направления воздействия" корректирующих мероприятий, направленных на снижение параметров А, В, и Е.

9. Какие корректирующие мероприятия могут предусматриваться для повышения качества процесса или изделия?

10. Какое условие по параметру RPZ (параметру приоритета риска) определяет необходимость разработки дополнительных корректирующих мероприятий?