

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА  
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)» (СГАУ)

## **Анализ видов и последствий потенциальных отказов (дефектов) FMEA**

Интерактивное мультимедийное пособие

САМАРА

2011

УДК 658.513

А 640

Авторы-составители: **Стенгач Михаил Сергеевич,  
Горбунов Андрей Анатольевич,  
Кобзев Виталий Николаевич**

**Анализ видов и последствий потенциальных отказов (дефектов) FMEA** [Электронный ресурс] : интерактивное мультимедийное пособие / Минобрнауки России, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т); авт.-сост. М. С. Стенгач, А. А. Горбунов, В. Н. Кобзев - Электрон. текстовые и граф. дан. - Самара, 2011. – 1 эл. опт. диск (CD-ROM).

Мультимедийное пособие по курсу «Анализ видов и последствий потенциальных отказов (дефектов) FMEA» рекомендуется слушателям института дополнительного профессионального образования.

Мультимедийное пособие разработано в институте дополнительного профессионального образования.

**Анализ видов и последствий  
потенциальных отказов  
при конструировании**

**FMEA - конструкции**



# Что такое DFMEA?

**FMEA конструкции (DFMEA)** – процедура анализа первоначально предложенной конструкции технического объекта и доработки этой конструкции в процессе работы соответствующей DFMEA-команды.

**DFMEA** проводят на этапе разработки конструкции технического объекта

Что такое DFMEA?

DFMEA - команда

Исходные данные

Виды и последствия отказов конструкции

ПЧР

Рекоменд. действия DFMEA

Контроль за выполнением рекоменд. действий



# Что такое DFMEA?

Метод DFMEA позволяет предотвратить запуск в производство недостаточно отработанной конструкции, помогает улучшить конструкцию технического объекта и заранее предусмотреть необходимые меры в технологии изготовления предупреждая появление или (и) снижая комплексный риск дефекта.

DFMEA должен быть закончен до выпуска окончательного варианта производственных чертежей и оснастки.

Что такое  
DFMEA?

DFMEA -  
команда

Исходные  
данные

Виды и  
последствия  
потенциал.  
отказов  
конструкции

ПЧР

Рекоменд.  
действия  
DFMEA

Контроль за  
выполнением  
рекоменд.  
действий



# Ситуации применения DFMEA

DFMEA проводится в следующих случаях:

- разработка новой конструкции изделия;
- модернизация существующей конструкции изделия;
- изменение среды и условий эксплуатации изделия;
- изменение требований и пожеланий к потребителям к конструкции изделия.

Что такое DFMEA?

DFMEA - команда

Исходные данные

Виды и последствия отказов конструкции

ПЧР

Рекоменд. действия DFMEA

Контроль за выполнением рекоменд. действий



# DFMEA - команда

На начальном этапе DFMEA ответственный инженер должен активно привлекать специалистов всех задействованных областей.

Рекомендуется, чтобы члены DFMEA - команды в совокупности имели опыт в следующих областях деятельности:

- конструирование аналогичных технических объектов;
- процессы производства и сборки;
- технология контроля в ходе изготовления;
- техническое обслуживание и ремонт;
- испытания;
- анализ поведения аналогичных технических объектов в эксплуатации.

Что такое DFMEA?

DFMEA - команда

Исходные данные

Виды и последствия потенциал. отказов конструкции

ПЧР

Рекоменд. действия DFMEA

Контроль за выполнением рекоменд. действий



# Принципы DFMEA и исходные предположения

Что такое  
DFMEA?

DFMEA -  
команда

Исходные  
данные

Виды и  
последствия  
потенциал.  
отказов  
конструкции

ПЧР

Рекоменд.  
действия  
DFMEA

Контроль за  
выполнением  
рекоменд.  
действий

- DFMEA не опирается на процесс изготовления для преодоления потенциальных недостатков конструкции
- DFMEA учитывает особенности и технико-физические ограничения процесса изготовления и технического обслуживания;
- Отказ (дефект) может возникнуть, но не обязательно;
- Компоненты соответствуют предъявляемым требованиям





# Структурная блок-схема



Сверху указываются детали, снизу сборочные единицы, входящие в узел.



Базовый компонент



Компонент не включен в FMEA



Функционально важный компонент



Присоединение



Прилегание

Что такое DFMEA?

DFMEA - команда

Исходные данные

Виды и последствия отказов конструкции

ПЧР

Рекоменд. действия DFMEA

Контроль за выполнением рекоменд. действий



# Спецификация входящих компонентов

Что такое DFMEA?
DFMEA - команда
Исходные данные
Виды и последствия потенциал. отказов конструкции
ПЧР
Рекоменд. действия DFMEA
Контроль за выполнением рекоменд. действий

№	Наименование компонента	Шифр	Количество
Входящие сборочные единицы			
1			
2			
3			
Входящие детали			
1			
2			
3			



# Спецификация соединений

Что такое DFMEA?

DFMEA - команда

Исходные данные

Виды и последствия потенциал. отказов конструкции

ПЧР

Рекоменд. действия DFMEA

Контроль за выполнением рекоменд. действий

Соединение		Соединительные (крепежные) элементы		
№	Наименование	Обозначение	Наименование	Количество
1				
2				
3				
4				
5				

Экземпляры схем должны сопровождать весь DFMEA.



# Описание функций объекта

Что такое  
DFMEA?

DFMEA -  
команда

Исходные  
данные

Виды и  
последствия  
потенциал.  
отказов  
конструкции

ПЧР

Рекоменд.  
действия  
DFMEA

Контроль за  
выполнением  
рекоменд.  
действий

Следующим шагом является составление перечня того, что конструкция должна делать и чего не должна, т.е. перечень функций и ограничений.

Описание функций объекта производится на основе изучения и анализа конструкторской документации. Описываются все функции входящих элементов и требования по критериям их функционирования



# Описание функций объекта

Что такое DFMEA?

DFMEA - команда

Исходные данные

Виды и последствия потенциал. отказов конструкции

ПЧР

Рекоменд. действия DFMEA

Контроль за выполнением рекоменд. действий

При описании функций DFMEA - команда должна руководствоваться следующими требованиями:

- формулировка функций должна быть краткой, в пределах двух слов: глагола и существительного;
- следует избегать применения общих слов, таких как «облегчает», «обеспечивает», «позволяет» и т. д.
- требования по критерию функционирования должны быть в измеряемых показателях;
- сначала следует указывать функции, нарушение которых приводит к критическим последствиям.



# Функции и требования для всей конструкции

Что такое DFMEA?

DFMEA - команда

Исходные данные

Виды и последствия потенциал. отказов конструкции

ПЧР

Рекоменд. действия DFMEA

Контроль за выполнением рекоменд. действий

№	Наименование функции	Предельные значения для рабочей среды
		Температура
		Влажность
		Вибрация
		Другие



# Функции и требования для элементов входящих в конструкцию

Что такое DFMEA?

DFMEA - команда

Исходные данные

Виды и последствия потенциал. отказов конструкции

ПЧР

Рекоменд. действия DFMEA

Контроль за выполнением рекоменд. действий

Элемент		Выполняемые функции	Требования по критерию функционирования
Шифр	Наименование		



# Список соединений

Что такое DFMEA?

DFMEA - команда

Исходные данные

Виды и последствия потенциал. отказов конструкции

ПЧР

Рекоменд. действия DFMEA

Контроль за выполнением рекоменд. действий

Соединение		Соединительные (крепежные) элементы		Требования по критерию функционирования
Обознач.	Наименов.	Обознач.	Наименов.	





# Требования к продукции предъявляемые потребителем

Что такое  
DFMEA?

DFMEA -  
команда

Исходные  
данные

Виды и  
последствия  
потенциал.  
отказов  
конструкции

ПЧР

Рекоменд.  
действия  
DFMEA

Контроль за  
выполнением  
рекоменд.  
действий

Требования к продукции, предъявляемые потребителем, можно определить из таких источников, как «Структурирование функции качества QFD», опрос потенциальных потребителей или интервьюирование.

В исходные данные могут быть включены данные по отказам (дефектам) эксплуатации, испытаний, производства аналогичных технических объектов.



# Виды потенциальных отказов (дефектов) конструкции

Для конкретного технического объекта должны быть определены все возможные виды отказов.

Потенциальным отказом (дефектом) конструкции может быть:

- отсутствие функции;
- ухудшенная функция;
- прерывающаяся функция;
- непредусмотренная функция.

Описание каждого вида дефекта необходимо внести в протокол анализа видов причин и последствий потенциальных дефектов, составленный, например в виде таблицы. Рекомендуемая форма протокола приведена в приложении А (по ГОСТ Р 51814.2-2001).

Что такое  
DFMEA?

DFMEA -  
команда

Исходные  
данные

Виды и  
последствия  
потенциал.  
отказов  
конструкции

ПЧР

Рекоменд.  
действия  
DFMEA

Контроль за  
выполнением  
рекоменд.  
действий



# Виды потенциальных отказов (дефектов) конструкции

## Типовые виды отказов (дефектов):

Трещина	Деформация
Деформация	Утечка
Заедание	Окисление
Разрушение	Отсутствие опоры
Пробуксовка	Резкое включение
Недостаточная опора	Недостаточный сигнал
Прерывающийся сигнал	Отсутствие сигнала
Электромагнитные помехи	Смещение

Виды потенциальных отказов следует описывать на языке физических или технических терминов, а не в виде внешних признаков (симптомов), заметных потребителю.

Что такое  
DFMEA?

DFMEA -  
команда

Исходные  
данные

Виды и  
последствия  
потенциал.  
отказов  
конструкции

ПЧР

Рекоменд.  
действия  
DFMEA

Контроль за  
выполнением  
рекоменд.  
действий



# Последствия потенциальных отказов (дефектов) конструкции

Для каждого вида дефектов может быть несколько потенциальных последствий, но все они должны быть рассмотрены.

## Типовые последствия отказов:

Шум

Шероховатость

Неправильная работа

Неработоспособность

Плохой внешний вид

Плохой запах

Неустойчивость

Повреждение управления

Прерывистая работа

Утечка

Последствия отказов следует описывать в терминах потребителя (то, что он может заметить или испытать), помня, что потребителем может быть как внутренний потребитель, так и возможный конечный потребитель.

Что такое  
DFMEA?

DFMEA -  
команда

Исходные  
данные

Виды и  
последствия  
потенциал.  
отказов  
конструкции

ПЧР

Рекоменд.  
действия  
DFMEA

Контроль за  
выполнением  
рекоменд.  
действий



# Последствия потенциальных отказов (дефектов) конструкции

Что такое DFMEA?

DFMEA - команда

Исходные данные

Виды и последствия потенциал. отказов конструкции

ПЧР

Рекоменд. действия DFMEA

Контроль за выполнением рекоменд. действий

**Цель** анализа последствий потенциальных отказов – предсказать последствия отказа на уровне знаний команды

В результате этого этапа команда должна составить список видов потенциальных дефектов и их последствий

Виды потенциальных дефектов и их последствия

№	Вид потенциального дефекта	Последствия



# Подготовка комплекта карт

Для определения того, какое количество карт DFMEA должно быть разработано строят матрицу связей

Матрица связей

Виды потенциальных дефектов	Основные элементы					Соединения			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1									
2									
3									
4									

Для каждого дефекта (который имеет хотя бы один знак «+» в матрице связи) подготавливается отдельная карта приложение А (по ГОСТ Р 51814.2-2001).

Что такое DFMEA?

DFMEA - команда

Исходные данные

Виды и последствия отказов конструкции

ПЧР

Рекоменд. действия DFMEA

Контроль за выполнением рекоменд. действий



# Приоритетное число риска

**Приоритетное число риска** – это произведение значимости  $S$ , возможности появления  $O$  и обнаружения  $D$ :

$$\text{ПЧР} = S \cdot O \cdot D$$

То есть, каждый дефект и причины его возникновения необходимо экспертно оценить по трем критериям:

- значимость;
- вероятность возникновения;
- вероятность обнаружения.

В рамках отдельного FMEA-анализа значение ПЧР (от 1 до 1000) может использоваться для ранжирования проблем конструкции.

Что такое  
DFMEA?

DFMEA -  
команда

Исходные  
данные

Виды и  
последствия  
потенциал.  
отказов  
конструкции

ПЧР

Рекоменд.  
действия  
DFMEA

Контроль за  
выполнением  
рекоменд.  
действий



# Значимость

**Значимость (S)** – это оценка наиболее серьезного последствия потенциального отказа для следующего компонента, подсистемы, системы, или для потребителя.

## Критерии оценки.

Команда должна договориться о критериях оценки и рангах системы, которые должны быть согласованы.

Балл значимости изменяется от 1 – для наименее значимых по ущербу дефектов до 10 – для наиболее значимых по ущербу дефектов.

При дальнейшем DFMEA-анализе используют один максимальный балл значимости S из всех последствий данного дефекта.

Значимость экспертно определяется для каждого последствия дефекта при помощи специальной таблицы баллов значимости приложение Б (по ГОСТ Р 51814.2-2001).

Выставленные оценки заносятся в столбец «Значимость».

Учебный центр ОАО «АВТОВАЗ»

Что такое DFMEA?

DFMEA - команда

Исходные данные

Виды и последствия потенциал. отказов конструкции

ПЧР

Рекоменд. действия DFMEA

Контроль за выполнением рекоменд. действий





# Потенциальная причина, механизм отказа (дефекта) конструкции

Для каждого дефекта должны быть определены потенциальные причины и механизмы, все они должны быть по возможности полно описаны и рассмотрены отдельно.

## Типовые причины отказов (дефектов):

Не правильно выбран материал

Неадекватное предположение о жизнеспособ. конструкции

Перегрузка

Недостаточные возможности смазки

Неполные инструкции по обслуживанию

Неправильные инструкции по обслуживанию

Чрезмерный нагрев

Неверно установленные допуски

Что такое DFMEA?

DFMEA - команда

Исходные данные

Виды и последствия потенциал. отказов конструкции

ПЧР

Рекоменд. действия DFMEA

Контроль за выполнением рекоменд. действий



# Потенциальная причина, механизм отказа (дефекта) конструкции

## Типовые механизмы отказов (дефектов):

Текучность

Ползучесть

Нестабильность материала

Усталость

Износ

Коррозия

Химическое окисление

Электромиграция

Выявленные причины и механизмы потенциальных отказов (дефектов), заносятся в карту анализа в столбец «Причины».

Что такое  
DFMEA?

DFMEA -  
команда

Исходные  
данные

Виды и  
последствия  
потенциал.  
отказов  
конструкции

ПЧР

Рекоменд.  
действия  
DFMEA

Контроль за  
выполнением  
рекоменд.  
действий



# Возникновение

**Возникновение (O)** – степень возможности возникновения конкретных причин/ механизмов. Степень возможности возникновения оценивается ранговым числом.

## Критерии оценки.

Команда должна договориться о критериях оценки и рангах системы, которые должны быть постоянны, даже если они модифицируются для анализа отдельных узлов. Балл возникновения изменяется от 1 – для самых редко возникающих дефектов до 10 – для дефектов, возникающих почти всегда.

Возникновение экспертно определяется для каждой потенциальной причины дефекта при помощи специальной таблицы баллов возникновения приложение В (по ГОСТ Р 51814.2-2001).

Выставленные оценки заносятся в столбец «Возникновение» карт контроля.

Учебный центр ОАО «АВТОВАЗ»

Что такое DFMEA?

DFMEA - команда

Исходные данные

Виды и последствия потенциал. отказов конструкции

ПЧР

Рекоменд. действия DFMEA

Контроль за выполнением рекоменд. действий



# Меры по предупреждению отказа (причины)

Что такое  
DFMEA?

DFMEA -  
команда

Исходные  
данные

Виды и  
последствия  
потенциал.  
отказов  
конструкции

ПЧР

Рекоменд.  
действия  
DFMEA

Контроль за  
выполнением  
рекоменд.  
действий

Необходимо рассматривать два типа управления конструкцией:

**Предупреждение:** Предотвращают возникновение причины/ механизма отказа или вида отказа или снижают частоту их возникновения;

**Обнаружение:** Обнаруживают причину/ механизм отказа или вида отказа аналитическими и физическими методами до запуска изделия в производство.

Предпочтительный подход – сначала применять предупреждающие управления, если это возможно.

Выявленные меры по обнаружению каждой причины, заносятся в карту анализа в столбец «Меры по обнаружению».



# Обнаружение

**Обнаружение (D)** – это оценка способности предложенных управляющих действий по обнаружению дефекта (причины), обнаруживать потенциальные причину/ механизм(недостаток конструкции) или обнаруживать следующий вид отказа до того, как компонент, подсистема или система запущены в производство.

## Критерии оценки.

Команда должна договориться о критериях оценки и рангах системы, которые должны быть постоянны, даже если они модифицируются для анализа отдельных узлов. Балл обнаружения изменяется от 10 – для практически не обнаруживаемых дефектов (причин) 1 – для практически достоверно обнаруживаемых дефектов (причин).

Обнаружение экспертно определяется для каждой потенциальной причины дефекта при помощи специальной таблицы баллов обнаружения приложение Г (по ГОСТ Р 51814.2-2001 ).

Выставленные оценки заносятся в столбец «Обнаружение».

Учебный центр ОАО «АВТОВАЗ»

Что такое DFMEA?

DFMEA - команда

Исходные данные

Виды и последствия отказов потенциал. отказов конструкции

ПЧР

Рекоменд. действия DFMEA

Контроль за выполнением рекоменд. действий



# Рекомендуемые действия DFMEA

После расчета ПЧР для каждой причины потенциального отказа (дефекта), причины должны быть проранжированы по величине ПЧР и построена диаграмма риска возможных причин потенциальных дефектов.

Для приоритетного числа риска должна быть заранее установлена критическая граница ( $ПЧР_{гр}$ ) в пределах от 100 до 125 (ГОСТ Р 51814.2.2001). По усмотрению предприятия для некоторых возможных дефектов значение  $ПЧР_{гр}$  может быть установлено менее 100 (например, для дефектов, влияющих на безопасность).

Техническое оценивание для предупреждающего/корректирующего действия следует направлять в первую очередь на изделия с ПЧР превышающим  $ПЧР_{гр}$ .

**Задача каждого рекомендуемого действия** — снизить ранги в следующем порядке: значимость, возникновение, обнаружение.

Учебный центр ОАО «АВТОВАЗ»

Что такое DFMEA?

DFMEA - команда

Исходные данные

Виды и последствия потенциал. отказов конструкции

ПЧР

Рекоменд. действия DFMEA

Контроль за выполнением рекоменд. действий



# Рекомендуемые действия DFMEA

Что такое DFMEA?

DFMEA - команда

Исходные данные

Виды и последствия потенциал. отказов конструкции

ПЧР

Рекоменд. действия DFMEA

Контроль за выполнением рекоменд. действий

**Главная цель рекомендуемых действий** – снизить риски и увеличить удовлетворенность потребителя путем улучшения конструкции.

**Снизить ранги значимости** можно только пересмотром конструкции.

**Снизить ранг возникновения** можно только устранением или управлением одной или несколькими причинами отказов с помощью пересмотра конструкции.

**Снизить ранг обнаружения** можно увеличением действий по валидации/ верификации конструкции. Такое увеличение - менее желательно, поскольку оно не обращается к значимости и возникновению вида отказа.



# Ориентировочная потребность в принятии мер

Что такое DFMEA?
DFMEA - команда
Исходные данные
Виды и последствия потенциал. отказов конструкции
ПЧР
Рекоменд. действия DFMEA
Контроль за выполнением рекоменд. действий

Оценка			Значимость дефекта	Необходимость в доп. мероприятиях
S	O	D		
1	1	1	Идеальный случай	Нет
1	1	10	Надежное овладение, контроль, как правило не требуется	Нет
10	1	1	Дефект не попадет к заказчику	Нет
10	1	10	Дефект может попасть к заказчику	Да
1	10	1	Часто повторяющийся дефект, наверняка может быть выявлен	Да
1	10	10	Часто повторяющийся дефект, может попасть к заказчику	Да
10	10	1	Часто повторяющийся весомый дефект	Да
10	10	10	Здесь принципиально что-то не в порядке	Да





# Результирующее ПЧР

Что такое  
DFMEA?

DFMEA -  
команда

Исходные  
данные

Виды и  
последствия  
потенциал.  
отказов  
конструкции

ПЧР

Рекоменд.  
действия  
DFMEA

Контроль за  
выполнением  
рекоменд.  
действий

После того, как корректирующее действие определено, необходимо оценить и записать полученные показатели значимости, возникновения и обнаружения для нового предложенного варианта конструкции, в карту анализа.

Необходимо проанализировать новый предложенный вариант, подсчитать и записать значение нового **результирующего ПЧР**.

Все новые значения ПЧР следует рассматривать и, если окажется необходимым, то пересмотреть рекомендуемые действия и (или) план испытаний, для дальнейшего снижения ПЧР и повторить предыдущие действия.



# Контроль за выполнением рекомендуемых действий

Что такое DFMEA?

DFMEA - команда

Исходные данные

Виды и последствия потенциал. отказов конструкции

ПЧР

Рекоменд. действия DFMEA

Контроль за выполнением рекоменд. действий

Специалист, ответственный за разработку конструкции, отвечает за то, чтобы все рекомендованные предложения членов команды по доводке были рассмотрены и адекватно направлены.

У специалиста, ответственного за конструкцию, есть несколько средств убедиться что проблемы выявлены, и что рекомендованные действия проведены. Они включают:

- проверку, что требования конструкции достигнуты;
- рассмотрение технических чертежей и спецификаций;
- подтверждение введения изменений в документацию изготовления/ сборки;
- рассмотрение FMEA-процесса и планов управления.



# Результаты работы DFMEA-команды

Что такое DFMEA?

DFMEA - команда

Исходные данные

Виды и последствия потенциал. отказов конструкции

ПЧР

Рекоменд. действия DFMEA

Контроль за выполнением рекоменд. действий

В заключение работы DFMEA - команды должен быть составлен и подписан протокол, в котором отражают основные результаты работы команды, включающие:

- состав DFMEA-команды;
- описание технического объекта и его функций;
- структурная блок-схема;
- функции и требования;
- перечень дефектов и (или) причин для первоначально предложенного варианта конструкции;
- матрица связи;
- диаграмма значимости потенциальных дефектов;



# Результаты работы DFMEA-команды

продолжение

Что такое DFMEA?

DFMEA - команда

Исходные данные

Виды и последствия потенциал. отказов конструкции

ПЧР

Рекоменд. действия DFMEA

Контроль за выполнением рекоменд. действий

экспертные баллы S, O, D и ПЧР для каждого дефекта и причины первоначального варианта конструкции;

- диаграмма риска возможных причин потенциальных дефектов;

- предложенные в ходе работы DFMEA-команды корректирующие действия;

- экспертные баллы S, O, D и ПЧР для каждого дефекта и причины доработанного варианта конструкции;

- комплект карт FMEA-анализа.

При необходимости к протоколу работы DFMEA – команды прилагают соответствующие чертежи, таблицы, результаты расчета и т.д.

# **Анализ видов и последствий потенциальных отказов**

## **FMEA**

(Failure Mode and Effects Analysis)



# Разработчики методики FMEA

## Команды «Большой тройки»:

1. Крайслер (CHRYSLER)



2. Форд (FORD)



3. Дженерал Моторс (GM)



## Наблюдение:

1. ASQC – автомобильный отдел американского общества по управлению качеством

2. AIAG – целевая группа автопромышленности

Введение

Причины проведения FMEA

Что такое FMEA?

Виды FMEA

Принципы FMEA

Задачи решаемые FMEA

Этапы проведения FMEA

Требования ИСО/ТУ 16949



# Формула Фейгенбаумена

## 1:10:100

Это соотношение означает: одного и того же полезного эффекта от изделия можно достичь затрачивая:

- **100 рублей** - на этапе его эксплуатации (обслуживание, ремонт, профилактика и т. д.)
- **10 рублей** – на этапе производства (более качественная комплектация, сборка и т. д.)
- **1 рубль** – на этапе его проектирования (лучшее продумывание конструкции и технологии изготовления изделия)

Введение

Причины проведения FMEA

Что такое FMEA?

Виды FMEA

Принципы FMEA

Задачи решаемые FMEA

Этапы проведения FMEA

Требования ИСО/ТУ 16949

# Затраты на устранение дефектов



Причины проведения FMEA

Что такое FMEA?

Виды FMEA

Принципы FMEA

Задачи решаемые FMEA

Этапы проведения FMEA

Требования ИСО/ТУ 16949



Метод FMEA исключает ошибки и связанные с ними дефекты, а, следовательно, избавляет от рекламаций, судебных исков и значительных затрат на устранение дефектов.

Учебный центр ОАО «АВТОВАЗ»





# Эффективность предупреждающих действий 60-е - 80-е годы XX века

Введение

Причины  
проведения  
FMEA

Что такое  
FMEA?

Виды FMEA

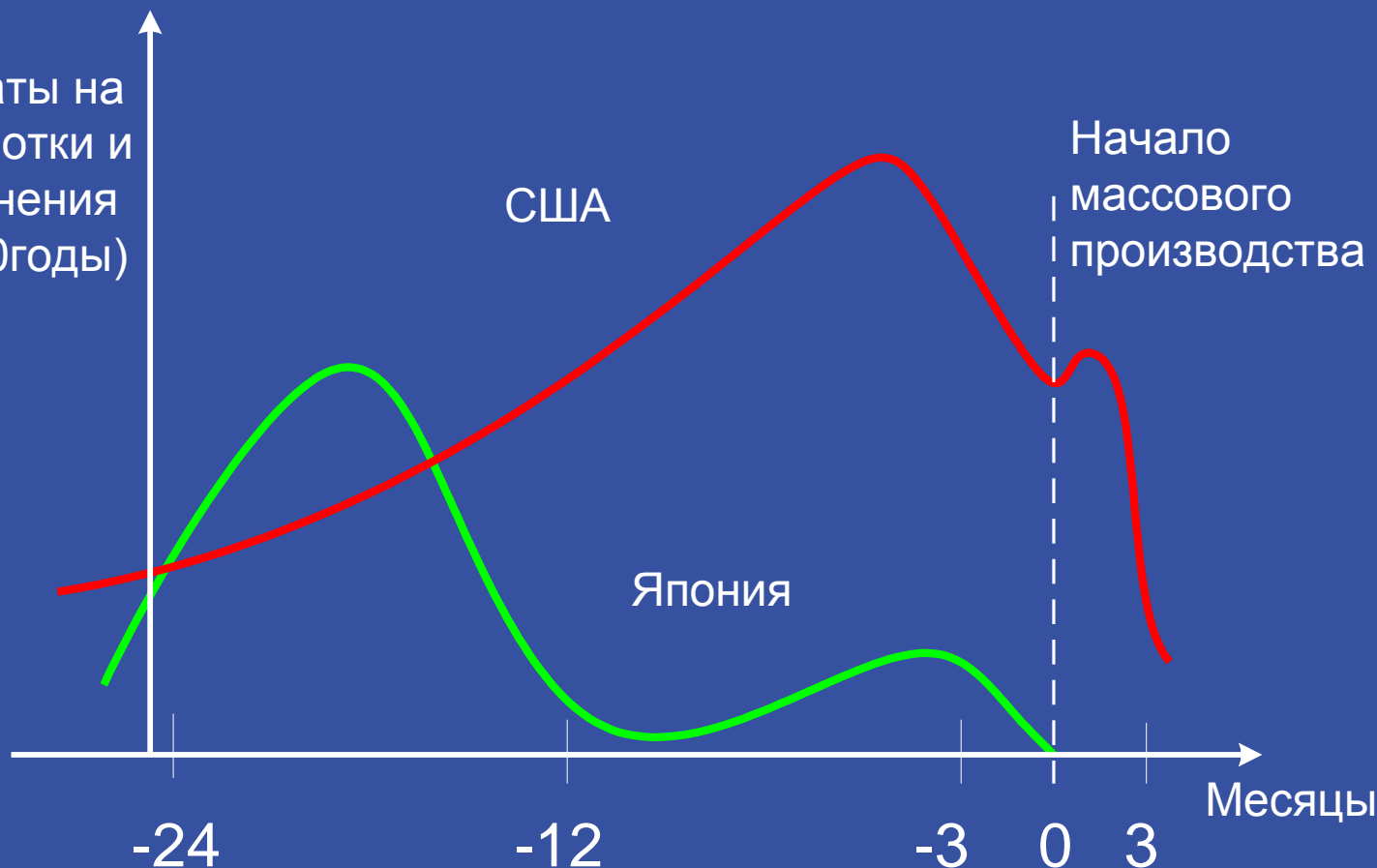
Принципы  
FMEA

Задачи  
решаемые  
FMEA

Этапы  
проведения  
FMEA

Требования  
ИСО/ТУ 16949

Затраты на  
доработки и  
изменения  
(60-80годы)



Метод FMEA снижает количество вносимых  
изменений на стадии производства.

Учебный центр ОАО «АВТОВАЗ»



# Эффективность предупреждающих действий

Введение

Причины  
проведения  
FMEA

Что такое  
FMEA?

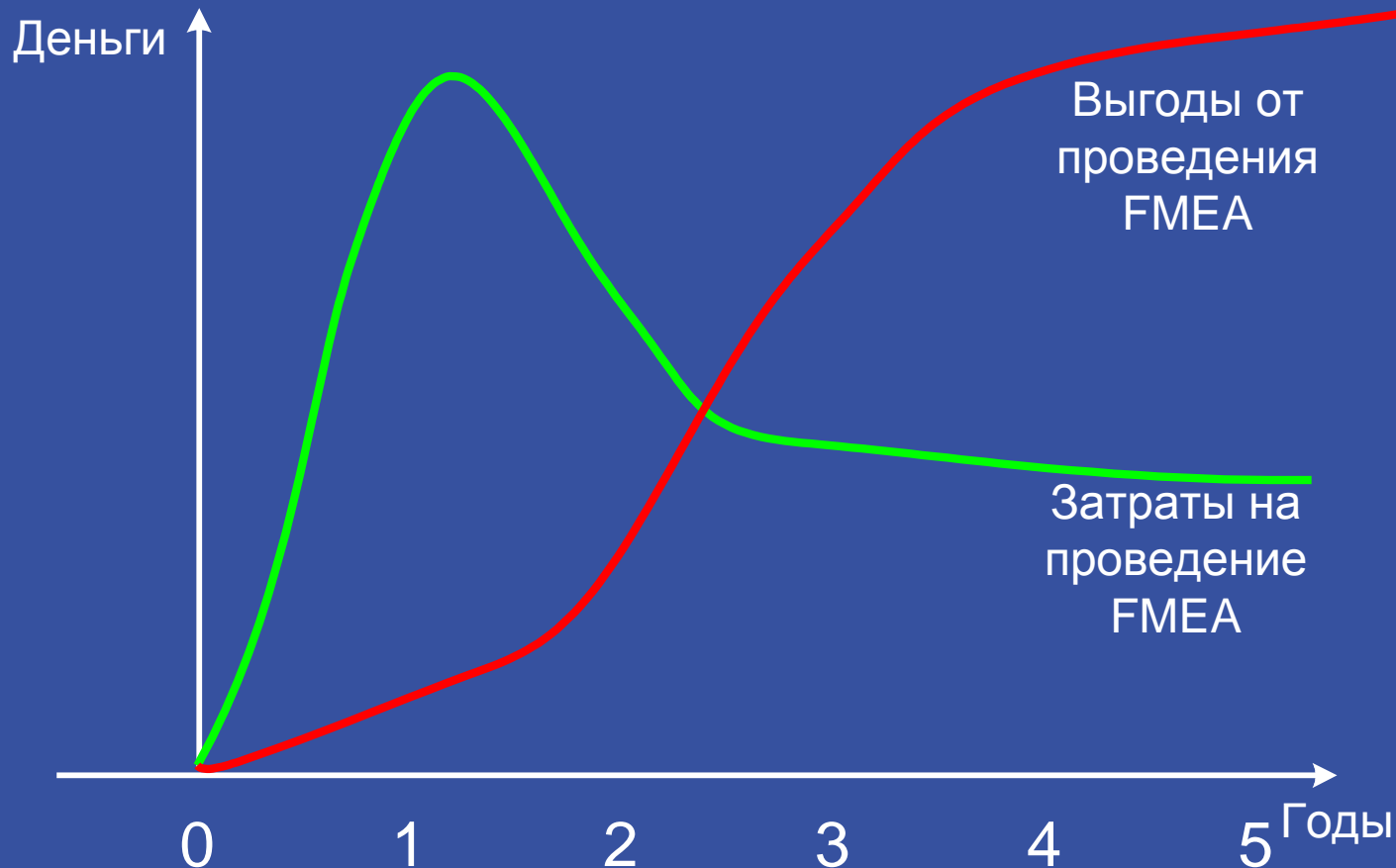
Виды FMEA

Принципы  
FMEA

Задачи  
решаемые  
FMEA

Этапы  
проведения  
FMEA

Требования  
ИСО/ТУ 16949



Метод FMEA снижает затраты на проведение изменений.

Учебный центр ОАО «АВТОВАЗ»



# Причины, по которым необходимо проведение FMEA

Любое предприятие заинтересованное в успехе на рынке, задается вопросом, как организовать работы по проектированию чтобы:

- изделия с самого начала получались удачными со всех точек зрения (удобства пользования, обслуживания, безотказности, технологичности и т. д.);
- технология изготовления данной конструкции изделия или узла также с самого начала была удачной (без сбоев и неприятных последствий для качества продукции и без потерь для предприятия);
- стоимость продукции была минимально возможной при заданном уровне качества.

Введение

Причины проведения FMEA

Что такое FMEA?

Виды FMEA

Принципы FMEA

Задачи решаемые FMEA

Этапы проведения FMEA

Требования ИСО/ТУ 16949



# Что такое FMEA?

**FMEA это систематизированный комплекс действий для:**

- распознавания и оценки потенциальных отказов продукции/процесса и их последствий;
- определения действий, которые могли бы устранить или снизить шансы возникновения потенциальных отказов;
- документирования процесса. Это – дополнение к процессу проектирования для принятия правильного решения: что в конструкции или процессе следует делать для удовлетворения потребителя.

Введение

Причины проведения FMEA

Что такое FMEA?

Виды FMEA

Принципы FMEA

Задачи решаемые FMEA

Этапы проведения FMEA

Требования ИСО/ТУ 16949



# Комплекс документов автомобильных компаний США

Введение

Причины  
проведения  
FMEA

Что такое  
FMEA?

Виды FMEA

Принципы  
FMEA

Задачи  
решаемые  
FMEA

Этапы  
проведения  
FMEA

Требования  
ИСО/ТУ 16949





# Определение FMEA-анализа, согласно ГОСТ Р 51814.2-2001

Введение

Причины  
проведения  
FMEA

Что такое  
FMEA?

Виды FMEA

Принципы  
FMEA

Задачи  
решаемые  
FMEA

Этапы  
проведения  
FMEA

Требования  
ИСО/ТУ 16949

**FMEA** – формализованная процедура анализа и доработки проектируемого технического объекта, процесса изготовления, правил эксплуатации и хранения, системы технического обслуживания и ремонта данного технического объекта, основанная на выделении возможных дефектов разного вида с их последствиями и причинно-следственными связями, обуславливающими их возникновение, и оценках критичности этих дефектов



# Цели FMEA-анализа, согласно ГОСТ Р 51814.2-2001

Введение

Причины  
проведения  
FMEA

Что такое  
FMEA?

Виды FMEA

Принципы  
FMEA

Задачи  
решаемые  
FMEA

Этапы  
проведения  
FMEA

Требования  
ИСО/ТУ 16949

**FMEA** проводят с целью анализа и доработки конструкции технического объекта производственного процесса правил эксплуатации системы технического обслуживания и ремонта технического объекта для предупреждения возникновения и (или) ослабления тяжести возможных последствий его дефектов и для достижения требуемых характеристик безопасности экологичности, эффективности и надежности.



# Сущность FMEA-анализа, согласно ГОСТ Р 51814.2-2001

Введение

Причины  
проведения  
FMEA

Что такое  
FMEA?

Виды FMEA

Принципы  
FMEA

Задачи  
решаемые  
FMEA

Этапы  
проведения  
FMEA

Требования  
ИСО/ТУ 16949

**FMEA** – эффективный инструмент повышения качества разрабатываемых технических объектов, направленный на предотвращение дефектов или снижение негативных последствий от них. Это достигается благодаря предвидению дефектов и (или) отказов и их анализу, проводимому на этапах проектирования конструкции и производственных процессов.





# Термины «дефект» и «несоответствие»

Введение

Причины проведения FMEA

Что такое FMEA?

Виды FMEA

Принципы FMEA

Задачи решаемые FMEA

Этапы проведения FMEA

Требования ИСО/ТУ 16949

По ГОСТ Р ИСО 9000:

**«Дефект»** - невыполнение требования, связанного с предполагаемым или установленным использованием.

**«Несоответствие»** - невыполнение требования (потребности или ожидания, которое установлено)

Дополнительно:

**«Недостаток»** - неудобства, потери при производстве или потреблении продукции



# Треугольник минусов



Введение

Причины проведения FMEA

Что такое FMEA?

Виды FMEA

Принципы FMEA

Задачи решаемые FMEA

Этапы проведения FMEA

Требования ИСО/ТУ 16949



# Виды FMEA-анализа

Введение

Причины проведения FMEA

Что такое FMEA?

Виды FMEA

Принципы FMEA

Задачи решаемые FMEA

Этапы проведения FMEA

Требования ИСО/ТУ 16949

- **DFMEA** (*Design FMEA*) – FMEA-анализ конструкции изделия;

- **PFMEA** (*Process FMEA*) – FMEA-анализ технологии изготовления изделия;

- **MFMEA** (*Machinery FMEA*) – FMEA-анализ специального оборудования и оснастки.



# Принципы FMEA

Введение

Причины проведения FMEA

Что такое FMEA?

Виды FMEA

**Принципы FMEA**

Задачи решаемые FMEA

Этапы проведения FMEA

Требования ИСО/ТУ 16949

- Командная работа;
- Иерархичность;
- Итеративность;
- Регистрация результатов проведения FMEA.



# Результат FMEA-анализа

Введение

Причины проведения FMEA

Что такое FMEA?

Виды FMEA

Принципы FMEA

Задачи решаемые FMEA

Этапы проведения FMEA

Требования ИСО/ТУ 16949

**Результат анализа** – рекомендуемые действия для предотвращения отказов объекта, то есть разработка предупреждающих и корректирующих действий.

Рекомендуемые действия следует сообщить всем заинтересованным службам.

Специалист ответственный за проведение FMEA-анализа, обязан обеспечить и убедиться, что все рекомендованные действия были проведены правильно



# Задачи, решаемые при проведении FMEA

Введение

Причины проведения FMEA

Что такое FMEA?

Виды FMEA

Принципы FMEA

Задачи решаемые FMEA

Этапы проведения FMEA

Требования ИСО/ТУ 16949

- Составление перечня всех потенциально возможных видов дефектов;
- Определение возможных неблагоприятных последствий от каждого потенциального дефекта;
- Определение причины каждого потенциального дефекта и оценка частоты возникновения каждой причины;
- Оценка достаточности предусмотренных в технологическом цикле операций направленных на предупреждение и обнаружение причин дефектов
- Количественная оценка критичности каждого дефекта (с его причиной), а при необходимости доработка конструкции, производственного процесса, требований и правил эксплуатации с целью снижения критичности дефекта.



# Ситуации, требующие проведения FMEA-анализа

Введение

Причины проведения FMEA

Что такое FMEA?

Виды FMEA

Принципы FMEA

Задачи решаемые FMEA

Этапы проведения FMEA

Требования ИСО/ТУ 16949

- Разработка новой конструкции , новой технологии или нового процесса;
- Модификация существующих конструкции или процесса (предполагается, что FMEA-анализ для существующих конструкций или процесса был проведен);
- Применение существующих конструкций или процесса в новой среде, месте или при ином использовании (предполагается, что FMEA-анализ для существующих конструкций или процесса был проведен);



# Этапы проведения FMEA (ГОСТ Р 51814.2-2001)

Введение

Причины проведения FMEA

Что такое FMEA?

Виды FMEA

Принципы FMEA

Задачи решаемые FMEA

Этапы проведения FMEA

Требования ИСО/ТУ 16949

- Планирование FMEA (по ГОСТ 27.310 «Анализ видов, последствий и критичности отказов»);
- Формирование составов межфункциональных FMEA-команд;
- Ознакомление с предложенными проектами конструкции и (или) технологического процесса;
- Определение видов потенциальных дефектов их последствий и причин.





# FMEA - команда

**FMEA-команда** – межфункциональная команда, представляющая собой временный коллектив из разных специалистов, созданная специально для цели анализа и доработки конструкции и (или) процесса изготовления технического объекта.

**Применяемые методы:** мозговой штурм и экспертное оценивание;

**Рекомендуемая продолжительность работы** от 3 до 6 часов в день;

**Рекомендуемое число участников** от 4 до 8 человек;

В FMEA-команде должен быть определен ведущий (лидер):

- **DFMEA-команда** – конструктор;
- **PFMEA-команда** – технолог.

Введение

Причины проведения FMEA

Что такое FMEA?

Виды FMEA

Принципы FMEA

Задачи решаемые FMEA

Этапы проведения FMEA

Требования ИСО/ТУ 16949



# Ознакомление с предложенными проектами

Ознакомление членов команды с комплектом документов по предложенному проекту конструкции и (или) технологического процесса.

**Комплект документов может содержать:**

- **Чертеж**, в том числе альтернативный;
- **Технологический процесс**, в том числе альтернативный;
- **Данные о дефектах для аналогичных объектов;**
- **Данные о причинах и методах устранения для аналогичных объектов;**
- **Инструкции** и д.р.

Этап ознакомления включает в себя построение компонентной, структурной, функциональной и потоковой моделей объекта анализа.

Введение

Причины проведения FMEA

Что такое FMEA?

Виды FMEA

Принципы FMEA

Задачи решаемые FMEA

Этапы проведения FMEA

Требования ИСО/ТУ 16949



# Определение видов потенциальных дефектов, их последствий и причин

При определении вида дефекта необходимо выявить, какие дефекты могут, но не должны возникнуть, что в дальнейшем заказчик мог бы считать не удовлетворительным.

Конструкция	Процесс
<p>Что могло бы отказать в детали (узле) при выполнении определенной функции;</p> <p>В чем деталь (узел) могла бы не соответствовать техническим условиям</p>	<p>Что могло бы не получиться в процессе производства или монтажа</p>

Введение

Причины проведения FMEA

Что такое FMEA?

Виды FMEA

Принципы FMEA

Задачи решаемые FMEA

Этапы проведения FMEA

Требования ИСО/ТУ 16949



# Последовательность проведения FMEA-анализа

- Составление блок-схемы системы/подсистемы;
  - Описание функции изделия;
  - Определение потенциального отказа (дефекта);
  - Определение последствий;
  - Определение значимости (S);
  - Определение возможных причин;
  - Описание действующих мер по обнаружению
- Определения ранга возникновения (O);
- Определения ранга обнаружения (D);
  - Расчет приоритетного числа риска (ПЧР);
  - Разработка рекомендуемых действий;
  - Контроль выполнения и перерасчет ПЧР.

Введение

Причины проведения FMEA

Что такое FMEA?

Виды FMEA

Принципы FMEA

Задачи решаемые FMEA

Этапы проведения FMEA

Требования ИСО/ТУ 16949



# Алгоритм проведения FMEA-анализа

Введение

Причины проведения FMEA

Что такое FMEA?

Виды FMEA

Принципы FMEA

Задачи решаемые FMEA

Этапы проведения FMEA

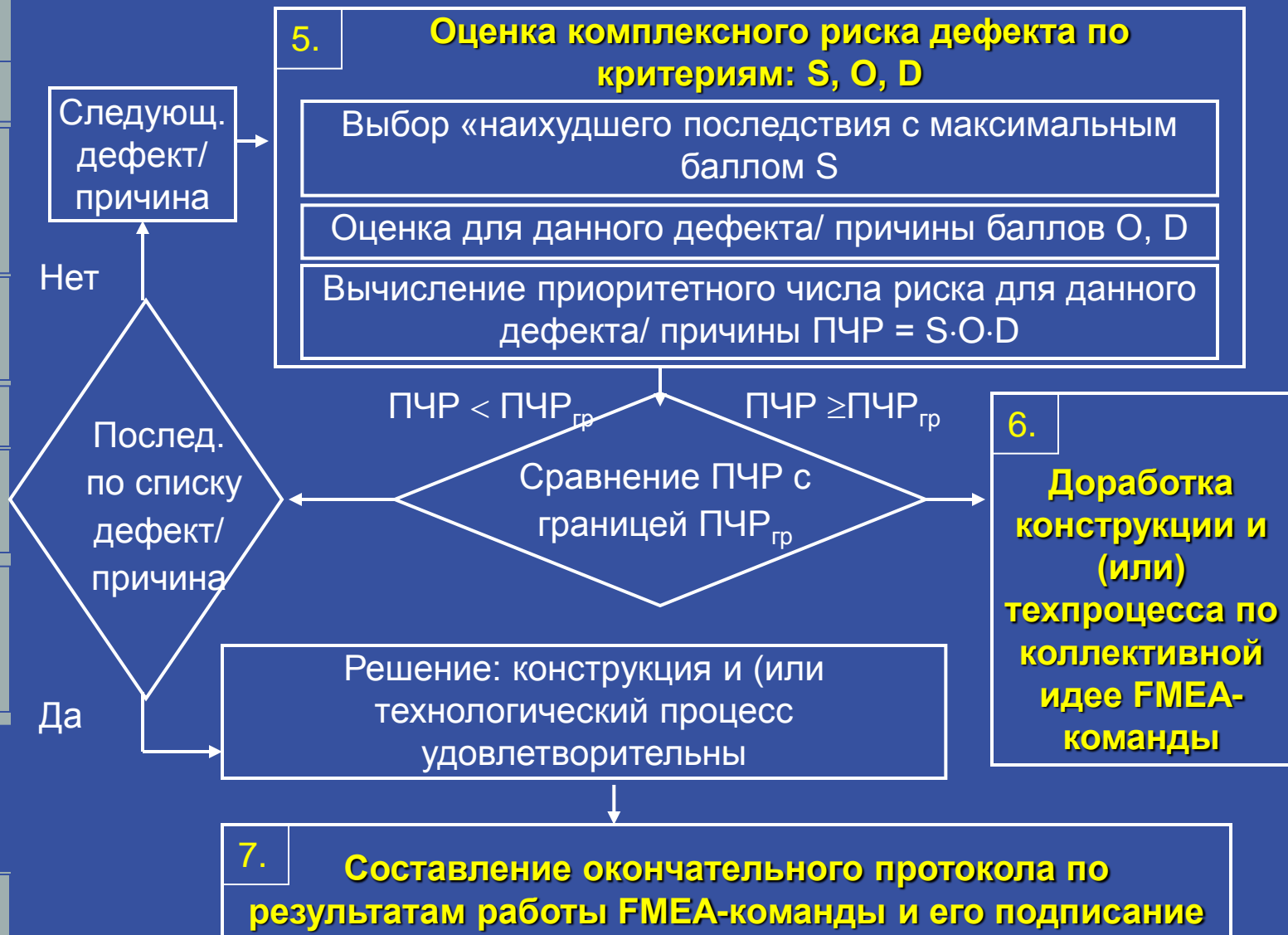
Требования ИСО/ТУ 16949





# Алгоритм проведения FMEA-анализа

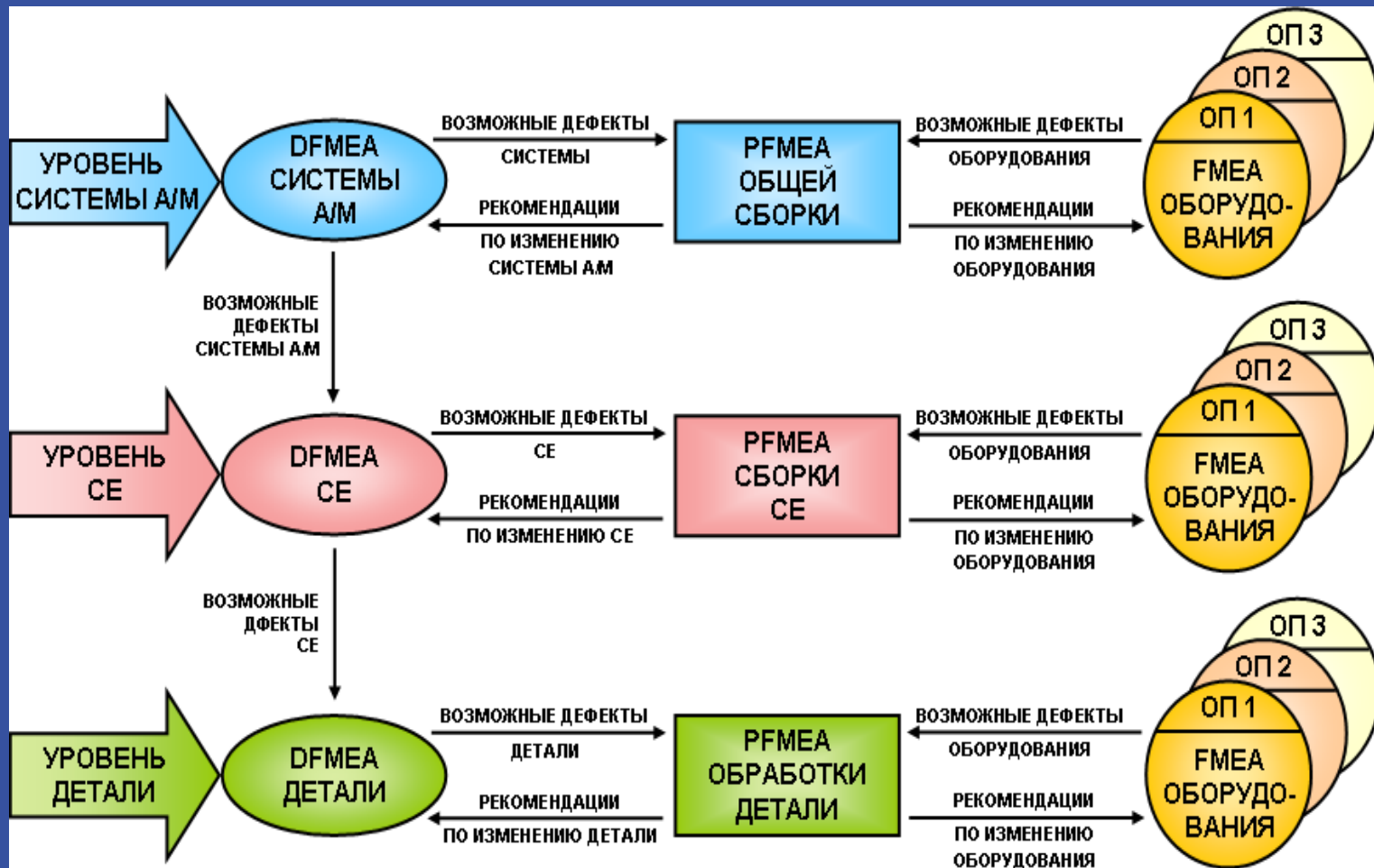
Введение
Причины проведения FMEA
Что такое FMEA?
Виды FMEA
Принципы FMEA
Задачи решаемые FMEA
Этапы проведения FMEA
Требования ИСО/ТУ 16949





# Схема структурирования и взаимосвязи проектов FMEA

- Введение
- Причины проведения FMEA
- Что такое FMEA?
- Виды FMEA
- Принципы FMEA
- Задачи решаемые FMEA
- Этапы проведения FMEA
- Требования ИСО/ТУ 16949





# Требования при разработке структурной блок-схемы

При проведении анализа рекомендуется разделять объект на отдельные части (элементы) по функциональному назначению при помощи структурных блок-схем.

**Разработанная блок схема должна:**

- показывать состав входящих деталей, узлов и методов их соединения;
- показывать, какой элемент является базовым;
- показывать, какие элементы присоединяются друг к другу, каким методом
- показывать, какие элементы только прилегают друг к другу не соединяясь;
- показывать, какие элементы являются функционально важными;
- показывать, какие элементы не включены в FMEA.

Введение

Причины проведения FMEA

Что такое FMEA?

Виды FMEA

Принципы FMEA

Задачи решаемые FMEA

Этапы проведения FMEA

Требования ИСО/ТУ 16949





# Требования при разработке структурной блок-схемы

При проведении анализа рекомендуется разделять объект на отдельные части (элементы) по функциональному назначению при помощи структурных блок-схем.

**Разработанная блок схема должна:**

- показывать состав входящих деталей, узлов и методов их соединения;
- показывать, какой элемент является базовым;
- показывать, какие элементы присоединяются друг к другу, каким методом
- показывать, какие элементы только прилегают друг к другу не соединяясь;
- показывать, какие элементы являются функционально важными;
- показывать, какие элементы не включены в FMEA.

Введение

Причины проведения FMEA

Что такое FMEA?

Виды FMEA

Принципы FMEA

Задачи решаемые FMEA

Этапы проведения FMEA

Требования ИСО/ТУ 16949



# Термины и определения (ГОСТ Р 51814.2 –2001)

## **Значимость потенциального дефекта:**

качественная или количественная оценка предполагаемого ущерба от данного дефекта (насколько тяжелыми могут оказаться последствия от данного дефекта).

## **Балл (ранг) значимости (S):**

экспертно выставляемая оценка соответствующая значимости данного дефекта по его возможным последствиям.

Введение

Причины проведения FMEA

Что такое FMEA?

Виды FMEA

Принципы FMEA

Задачи решаемые FMEA

Этапы проведения FMEA

Требования ИСО/ТУ 16949



# Термины и определения (ГОСТ Р 51814.2 –2001)

## **Вероятность возникновения дефекта:**

количественная оценка доли продукции (от общего её выпуска) с дефектом данного вида, эта доля зависит от предложенной конструкции технического объекта и процесса производства.

**Балл (ранг) возникновения (O):** экспертно выставляемая оценка соответствующая вероятности возникновения данного дефекта.

Введение

Причины проведения FMEA

Что такое FMEA?

Виды FMEA

Принципы FMEA

Задачи решаемые FMEA

Этапы проведения FMEA

Требования ИСО/ТУ 16949



# Термины и определения (ГОСТ Р 51814.2 –2001)

## **Вероятность обнаружения дефекта:**

количественная оценка доли продукции с потенциальным дефектом данного вида, для которой предусмотрены в данном технологическом цикле методы контроля и диагностики позволят выявить данный дефект или его причину в случае их возникновения.

**Балл (ранг) обнаружения (D):** экспертно выставляемая оценка соответствующая вероятности обнаружения дефекта.

Введение

Причины проведения FMEA

Что такое FMEA?

Виды FMEA

Принципы FMEA

Задачи решаемые FMEA

Этапы проведения FMEA

Требования ИСО/ТУ 16949



# Термины и определения (ГОСТ Р 51814.2 –2001)

Введение

Причины  
проведения  
FMEA

Что такое  
FMEA?

Виды FMEA

Принципы  
FMEA

Задачи  
решаемые  
FMEA

Этапы  
проведения  
FMEA

Требования  
ИСО/ТУ 16949

**Комплексный риск дефекта:** комплексная оценка дефекта с точки зрения его значимости по последствиям, вероятности возникновения и вероятности обнаружения.

**Приоритетное число риска (ПЧР):** количественная оценка комплексного риска дефекта, являющаяся произведением баллов значимости, возникновения и обнаружения для данного дефекта.

**Технический объект:** любое изделие (элемент, устройство, подсистема, функциональная система), которое можно рассматривать в отдельности.



# Требования по применению методики FMEA в ИСО/ТУ 16949

Термин FMEA встречается в следующих пунктах стандарта ИСО/ТУ 16949:

<b>№ пункта</b>	<b>Название</b>	<b>Требование по применению методики</b>
4.2.3.1	Технические условия	Рекомендуемое
7.3.1.1	Многофункциональный подход	Обязательное
7.3.2.3	Специальные характеристики	Рекомендуемое
7.3.3.1	Выходные данные проектирования продукции	Рекомендуемое
7.3.3.2	Выходные данные проектирования производственного процесса	Рекомендуемое
7.5.1.1	План управления	Обязательное

Введение

Причины проведения FMEA

Что такое FMEA?

Виды FMEA

Принципы FMEA

Задачи решаемые FMEA

Этапы проведения FMEA

Требования ИСО/ТУ 16949

# Протокол анализа видов, причин и последствий потенциальных дефектов



Система _____ Узел _____ Деталь _____	Группа _____	Разработчик конструкции: _____						Дата _____									
		Литера _____							Предыдущий _____ Следующий _____ анализ								
Модель автомобиля _____ Команда исполнителей _____			Ключевая дата _____				Руководитель команды: <i>инж. конструктор</i> _____ <i>тел.</i> _____										
Изделие	Несоответствие	Последствия	Значимость	Ключевой параметр	Потенциальные причины	Возникновение	Меры по обнаружению	Обнаружение	ПЧР	Рекомендации	Ответственность и дата исполнения	Результаты действий					
												Предпринятые действия, дата, документ	Значимость	Возникновение	Обнаружение	ПЧР	
код наименования функция	код наименования описание	код наименования проявление	оценка ранга		код наименование описание	оценка ранга	код наименование описание действий	оценка ранга				Предпринятые действия, дата, документ	Значимость	Возникновение	Обнаружение	ПЧР	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	

**Анализ видов и последствий  
потенциальных отказов  
в процессах изготовления и сборки  
FMEA -процесса**





# Что такое PFMEA?

Что такое  
PFMEA?

PFMEA -  
команда

Исходные  
данные

Виды и  
последствия  
потенциал.  
отказов  
конструкции

ПЧР

Рекоменд.  
действия  
DFMEA

Контроль за  
выполнением  
рекоменд.  
действий

**FMEA процесса (PFMEA)** – процедура анализа первоначально разработанного и предложенного процесса производства и доработки этого процесса в ходе работы соответствующей PFMEA-команды.

**PFMEA** проводят на этапе разработки производственного процесса.

Метод PFMEA позволяет предотвратить внедрение в производство недостаточно отработанных процессов.



# Ситуации применения PFMEA

PFMEA проводится в следующих случаях:

- разработка новой технологии или процесса;
- модернизация существующей технологии или процесса;
- модернизация конструкции;
- изменение производственной среды.

Что такое  
PFMEA?

PFMEA -  
команда

Исходные  
данные

Виды и  
последствия  
потенциал.  
отказов  
процесса

ПЧР

Рекоменд.  
действия  
PFMEA

Контроль за  
выполнением  
рекоменд.  
действий



# PFMEA - команда

На начальном этапе PFMEA ответственный инженер должен прямо или косвенно привлечь специалистов всех задействованных областей.

Рекомендуется, чтобы члены PFMEA - команды в совокупности имели опыт в следующих областях деятельности:

- конструирование аналогичных технических объектов;
- процессы производства и сборки;
- технология контроля в ходе изготовления;
- анализ работы соответствующих технологических процессов, возможные аналогичные технологические процессы;
- анализ частоты дефектов и контроля работы соответствующего оборудования и персонала.

Что такое  
PFMEA?

PFMEA -  
команда

Исходные  
данные

Виды и  
последствия  
потенциал.  
отказов  
процесса

ПЧР

Рекоменд.  
действия  
PFMEA

Контроль за  
выполнением  
рекоменд.  
действий



# Принципы RFMEA и исходные предположения

Что такое  
RFMEA?

RFMEA -  
команда

Исходные  
данные

Виды и  
последствия  
потенциал.  
отказов  
процесса

ПЧР

Рекоменд.  
действия  
RFMEA

Контроль за  
выполнением  
рекоменд.  
действий

- RFMEA не предполагает изменения конструкции для преодоления недостатков процесса
- RFMEA учитывает особенности конструкции;
- Отказ (дефект) может возникнуть, но не обязательно;
- Процесс реализуется в соответствии с установленными требованиями.



# Исходные данные для RFMEA

Что такое RFMEA?

RFMEA - команда

Исходные данные

Виды и последствия потенциал. отказов процесса

ПЧР

Рекоменд. действия RFMEA

Контроль за выполнением рекоменд. действий

- Блок- схема RFMEA;
- Характеристики продукции;
- Данные по отказам (дефектам) эксплуатация, испытания, производство;
- Могут быть включены потенциальные отказы (дефекты) из-за недостатков конструкции (не обязательно).



# Структурная блок-схема (карта потока) технологического процесса

Что такое PFMEA?
PFMEA - команда
Исходные данные
Виды и последствия отказов процесса
ПЧР
Рекоменд. действия PFMEA
Контроль за выполнением рекоменд. действий





# Описание функций процесса и требований, предъявляемых к нему

Необходимо разработать перечень того, что процесс должен делать и чего делать не должен, то есть перечень функций и ограничений.

## Функции и требования

Номер, обозначение	Операции	Технич. средства	Выполняем. функции	Требования по критерию функционирования

Что такое  
PFMEA?

PFMEA -  
команда

Исходные  
данные

Виды и  
последствия  
потенциал.  
отказов  
процесса

ПЧР

Рекоменд.  
действия  
PFMEA

Контроль за  
выполнением  
рекоменд.  
действий



# Виды потенциальных отказов (дефектов) процесса

Что такое  
PFMEA?

PFMEA -  
команда

Исходные  
данные

Виды и  
последствия  
потенциал.  
отказов  
процесса

ПЧР

Рекоменд.  
действия  
PFMEA

Контроль за  
выполнением  
рекоменд.  
действий

Для конкретного производственного процесса с его конкретной функцией необходимо определить все возможные виды отказов.

Потенциальным отказом (дефектом) процесса может быть:

- отсутствие функции;
- ухудшенная функция;
- прерывающаяся функция;
- непредусмотренная функция.

Описание каждого вида дефекта необходимо внести в протокол анализа видов причин и последствий потенциальных дефектов, составленный, например в виде таблицы. Рекомендуемая форма протокола приведена в приложении А (по ГОСТ Р 51814.2-2001).





# Виды потенциальных отказов (дефектов) конструкции

## Типовые виды отказов (дефектов):

Изгиб	Неправильная установка
Затверждение	Отверстие смещено
Задир	Отверстие отсутствует
Неверная маркировка	Заземление
Слишком глубокое отверстие	Разрыв цепи
Поломка	Короткое замыкание
Деформация	Износ инструмента
Загрязнение	Узкое отверстие

Виды потенциальных отказов следует описывать на языке физических или технических терминов, а не в виде внешних признаков (симптомов), заметных потребителю.

Что такое  
PFMEA?

PFMEA -  
команда

Исходные  
данные

Виды и  
последствия  
потенциал.  
отказов  
процесса

ПЧР

Рекоменд.  
действия  
PFMEA

Контроль за  
выполнением  
рекоменд.  
действий



# Последствия потенциальных отказов (дефектов) процесса

Для каждого вида дефектов может быть несколько потенциальных последствий, но все они должны быть рассмотрены.

## Типовые и другие последствия отказов для конечного потребителя:

Шум	Неправильная работа
Неработоспособность	Нестабильность
Дрейф	Плохой внешний вид
Резкость	Треб. чрезмерное усилие
Неприятный запах	Нарушение операции
Нарушение управляемости	Прерывистая работа
Переделки/ ремонт	Плохая тяга
Брак	Неудовлетворенность потребителя

Что такое  
PFMEA?

PFMEA -  
команда

Исходные  
данные

Виды и  
последствия  
потенциал.  
отказов  
процесса

ПЧР

Рекоменд.  
действия  
PFMEA

Контроль за  
выполнением  
рекоменд.  
действий



# Последствия потенциальных отказов (дефектов) процесса

## Типовые и другие последствия отказов для последующих операций:

Нельзя укрепить	Не подходит
Нельзя просверлить	Не соединяется
Нельзя смонтировать	Не согласуется
Нельзя отполировать	Вызывает чрезмерный износ
Повреждает оборудование	Опасность для оператора

Последствия отказов следует описывать в терминах потребителя (то, что он может заметить или испытать).

При оценивании должен быть рассмотрен каждый потребитель, как внутренний потребитель, так и возможный конечный потребитель.

Что такое  
PFMEA?

PFMEA -  
команда

Исходные  
данные

Виды и  
последствия  
потенциал.  
отказов  
процесса

ПЧР

Рекоменд.  
действия  
PFMEA

Контроль за  
выполнением  
рекоменд.  
действий



# Последствия потенциальных отказов (дефектов) конструкции

Что такое  
PFMEA?

PFMEA -  
команда

Исходные  
данные

Виды и  
последствия  
потенциал.  
отказов  
процесса

ПЧР

Рекоменд.  
действия  
PFMEA

Контроль за  
выполнением  
рекоменд.  
действий

В результате команда должна составить список видов потенциальных дефектов и их последствий.

Виды потенциальных дефектов и их последствия

Обозначение	Вид потенциального дефекта	Последствия



# Подготовка комплекта карт

Для определения того, какое количество карт PFMEA должно быть разработано строят матрицу связей

Матрица связей

Виды потенциальных дефектов	Операции			
	Наименование	Наименование	Наименование	Наименование
	1	2	3	4
	1			
	2			
	3			
	4			

Для каждого дефекта (который имеет хотя бы один знак «+» в матрице связи) подготавливается отдельная карта Приложение А (по ГОСТ Р 51814.2-2001).

Что такое PFMEA?

PFMEA - команда

Исходные данные

Виды и последствия отказов процесса

ПЧР

Рекоменд. действия PFMEA

Контроль за выполнением рекоменд. действий



# Приоритетное число риска

**Приоритетное число риска** – это произведение значимости  $S$ , возможности появления  $O$  и обнаружения  $D$ :

$$\text{ПЧР} = S \cdot O \cdot D$$

Таким образом, каждый дефект и причины его возникновения необходимо экспертно оценить по трем критериям:

- значимость;
- вероятность возникновения;
- вероятность обнаружения.

В рамках отдельного FMEA - анализа значение ПЧР (от 1 до 1000) может использоваться для ранжирования проблем процесса.

Что такое  
PFMEA?

PFMEA -  
команда

Исходные  
данные

Виды и  
последствия  
потенциал.  
отказов  
процесса

ПЧР

Рекоменд.  
действия  
PFMEA

Контроль за  
выполнением  
рекоменд.  
действий



# Значимость

**Значимость (S)** – это оценка (ранг) связанная с самым серьезным последствием данного вида отказа.

## Критерии оценки.

Команда должна договориться о критериях оценки и рангах системы, которые должны быть постоянны, даже если они модифицируются для анализа процессов.

Балл значимости изменяется от 1 – для наименее значимых по ущербу дефектов до 10 – для наиболее значимых по ущербу дефектов.

При дальнейшем PFMEA-анализе используют один максимальный балл значимости S из всех последствий данного дефекта.

Значимость экспертно определяется для каждого последствия дефекта при помощи специальной таблицы баллов значимости приложение Д (по ГОСТ Р 51814.2-2001).

Выставленные оценки заносятся в столбец «Значимость».

Что такое  
PFMEA?

PFMEA -  
команда

Исходные  
данные

Виды и  
последствия  
потенциал.  
отказов  
процесса

ПЧР

Рекоменд.  
действия  
PFMEA

Контроль за  
выполнением  
рекоменд.  
действий



# Потенциальная причина, механизм отказа (дефекта) процесса

Что такое PFMEA?

PFMEA - команда

Исходные данные

Виды и последствия потенциал. отказов процесса

ПЧР

Рекоменд. действия PFMEA

Контроль за выполнением рекоменд. действий

Для каждого дефекта должны быть определены потенциальные причины и механизмы, все они должны быть по возможности полно описаны и рассмотрены отдельно.

## Типовые причины отказов (дефектов):

Неправильно подобраны режимы процесса

Ненадлежащая затяжка (больше/ меньше нормы)

Ненадлежащая сварка (сила тока, время, давление)

Ненадлежащая термообработка (температура, время)

Недостаточность смазки или её отсутствие

Изношен инструмент

Изношена направляющая

Неправильное программирование

Выявленные возможные причины потенциальных дефектов, заносятся в карту анализа в столбец «Причины».





# Возникновение

**Возникновение (O)** – степень правдоподобности того, что конкретная причина/ механизм возникнут. Правдоподобность и соответствующий ранг имеют относительное, а не абсолютное значение.

## Критерии оценки.

Команда должна договориться о критериях оценки и рангах системы, которые должны быть постоянны, даже если они модифицируются для анализа процессов. Балл возникновения изменяется от 1 – для самых редко возникающих дефектов до 10 – для дефектов, возникающих почти всегда.

Возникновение экспертно определяется для каждой потенциальной причины дефекта при помощи специальной таблицы баллов возникновения приложение Е (по ГОСТ Р 51814.2-2001).

Выставленные оценки заносятся в столбец «Возникновение».

Учебный центр ОАО «АВТОВАЗ»

Что такое  
PFMEA?

PFMEA -  
команда

Исходные  
данные

Виды и  
последствия  
потенциал.  
отказов  
процесса

ПЧР

Рекоменд.  
действия  
PFMEA

Контроль за  
выполнением  
рекоменд.  
действий



# Возникновение

В случае если причиной появления дефекта является нарушение установленного допуска на исследуемый показатель качества и если имеется статистический анализ для аналогичного процесса, то рекомендуемым ориентиром для выставления балла возникновения О является индекс Срк.

*Примечание:* Статистический индекс Срк определяет практические возможности технологического процесса по обеспечению выполнения установленного допуска на данный показатель качества.

Что такое  
PFMEA?

PFMEA -  
команда

Исходные  
данные

Виды и  
последствия  
потенциал.  
отказов  
процесса

ПЧР

Рекоменд.  
действия  
PFMEA

Контроль за  
выполнением  
рекоменд.  
действий



# Возникновение

Индекс  $C_{pk}$  вычисляется по формуле:

$$C_{pk} = \min(CPU, CPL),$$

где:

**CPU** - верхний индекс воспроизводимости, определяемый как отклонение среднего уровня процесса от верхнего предела поля допуска, деленное на действительный верхний разброс процесса:

$$CPU = \frac{USL - \bar{x}}{3\hat{\sigma}_{\bar{R}}}$$

**CPL** - нижний индекс воспроизводимости, определяемый как отклонение среднего уровня процесса от нижнего предела поля допуска, деленное на действительный нижний разброс процесса:

$$CPL = \frac{\bar{x} - LSL}{3\hat{\sigma}_{\bar{R}}}$$

Учебный центр ОАО «АВТОВАЗ»

Что такое  
PFMEA?

PFMEA -  
команда

Исходные  
данные

Виды и  
последствия  
потенциал.  
отказов  
процесса

ПЧР

Рекоменд.  
действия  
PFMEA

Контроль за  
выполнением  
рекоменд.  
действий



# Индексы воспроизводимости процессов

Что такое  
PFMEA?

PFMEA -  
команда

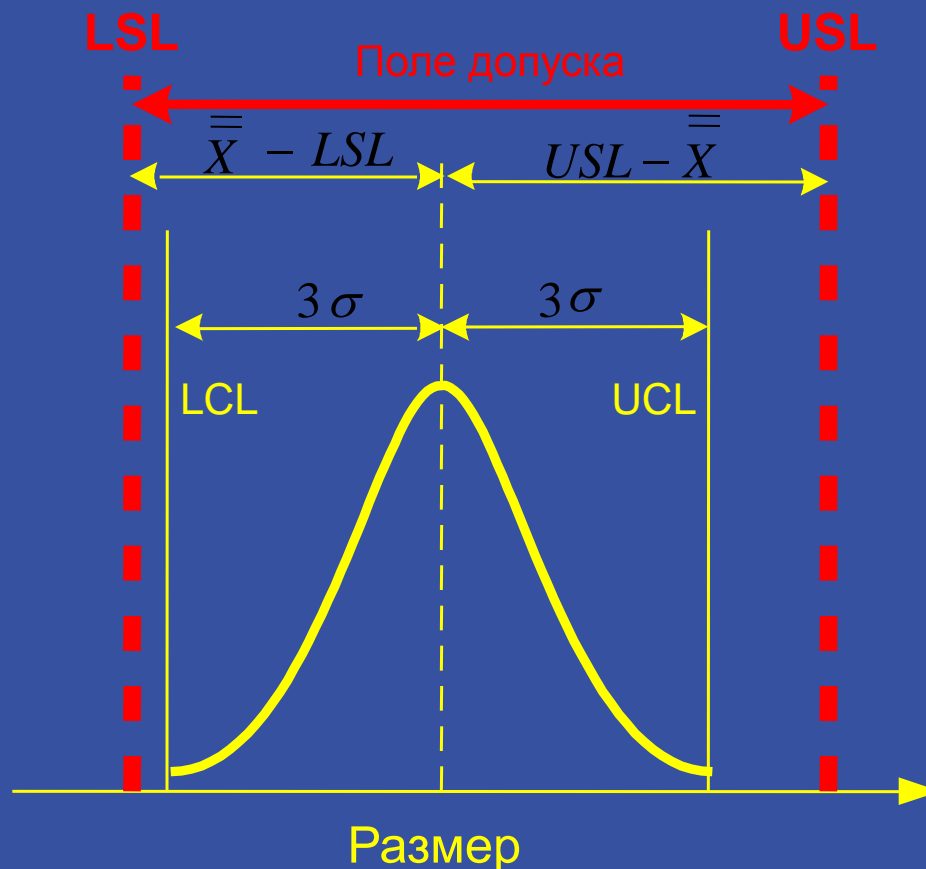
Исходные  
данные

Виды и  
последствия  
потенциал.  
отказов  
процесса

ПЧР

Рекоменд.  
действия  
PFMEA

Контроль за  
выполнением  
рекоменд.  
действий





# Типовая шкала баллов возникновения

по ГОСТ Р 51814.2-2001

Вероятность возникновения дефекта	Возможная частота дефектов	Индекс Срк	Балл
<b>Очень высокая:</b> дефект почти неизбежен	$\geq 1$ из 2	$\leq 0,33$	10
	$\geq 1$ из 3	$\leq 0,33$	9
<b>Высокая:</b> ассоциируется с аналогичными процессами, которые часто отказывают	$\geq 1$ из 8	$\leq 0,51$	8
	$\geq 1$ из 20	$\leq 0,67$	7
<b>Умеренная:</b> ассоциируется с предыдущими процессами, у которых наблюдались случайные дефекты, но не в большой пропорции	$\geq 1$ из 80	$\leq 0,83$	6
	$\geq 1$ из 400	$\leq 1,00$	5
	$\geq 1$ из 2 000	$\leq 1,17$	4
<b>Низкая:</b> наблюдалось относительно мало дефектов, связанных с подобными процессами	$\geq 1$ из 15 000	$\leq 1,33$	3
	$\geq 1$ из 150 000	$\leq 1,50$	2
<b>Малая:</b> дефект маловероятен, никогда не связан с подобными процессами	$< 1$ из 1 500 000	$> 1,67$	1

Учебный центр ОАО «АВТОВАЗ»

Что такое  
PFMEA?

PFMEA -  
команда

Исходные  
данные

Виды и  
последствия  
потенциал.  
отказов  
процесса

ПЧР

Рекоменд.  
действия  
PFMEA

Контроль за  
выполнением  
рекоменд.  
действий



# Меры по предупреждению отказа (причины)

Что такое  
PFMEA?

PFMEA -  
команда

Исходные  
данные

Виды и  
последствия  
потенциал.  
отказов  
процесса

ПЧР

Рекоменд.  
действия  
PFMEA

Контроль за  
выполнением  
рекоменд.  
действий

Необходимо рассматривать два типа управления конструкцией:

**Предупреждение:** Предотвращают возникновение причины/ механизма отказа или вида отказа или снижают частоту их возникновения;

**Обнаружение:** Обнаруживают причину/механизм отказа или вида отказа аналитическими и физическими методами до запуска изделия в производство.

Предпочтительный подход – сначала применять предупреждающие управления, если это возможно.

Выявленные меры по обнаружению каждой причины, заносятся в карту анализа в столбец «Меры по обнаружению».



# Обнаружение

**Обнаружение (D)** – это оценка (ранг) связанный с наилучшей мерой управления обнаружением. Это относительная оценка в рамках отдельного PFMEA.

## Критерии оценки.

Команда должна договориться о критериях оценки и рангах системы, которые должны быть постоянны, даже если они модифицируются для анализа процессов. Балл обнаружения изменяется от 10 – для практически не обнаруживаемых дефектов (причин) 1 – для практически достоверно обнаруживаемых дефектов (причин).

Обнаружение экспертно определяется для каждой потенциальной причины дефекта при помощи специальной таблицы баллов обнаружения приложение Ж (по ГОСТ Р 51814.2-2001).

Выставленные оценки заносятся в столбец «Обнаружение».

Что такое PFMEA?

PFMEA - команда

Исходные данные

Виды и последствия потенциал. отказов процесса

ПЧР

Рекоменд. действия PFMEA

Контроль за выполнением рекоменд. действий



# Рекомендуемые действия RFMEA

После расчета ПЧР для каждой причины потенциального отказа (дефекта), причины должны быть проранжированы по величине ПЧР и построена диаграмма риска возможных причин потенциальных дефектов.

Для приоритетного числа риска должна быть заранее установлена критическая граница ( $ПЧР_{гр}$ ) в пределах от 100 до 125 (ГОСТ Р 51814.2.2001). По усмотрению предприятия для некоторых возможных дефектов значение  $ПЧР_{гр}$  может быть установлено менее 100 (например, для дефектов, влияющих на безопасность).

Техническое оценивание для предупреждающего/корректирующего действия следует направлять в первую очередь на изделия с ПЧР превышающим  $ПЧР_{гр}$ .

**Задача каждого рекомендуемого действия** – снизить ранги в следующем порядке: значимость, возникновение и обнаружение.

Учебный центр ОАО «АВТОВАЗ»

Что такое RFMEA?

RFMEA - команда

Исходные данные

Виды и последствия потенциал отказов процесса

ПЧР

Рекоменд. действия RFMEA

Контроль за выполнением рекоменд. действий





# Рекомендуемые действия RFMEA

Необходимо рассматривать следующие действия:

- снижение вероятности возникновения, для чего требуется пересмотр процесса;
- изучение процесса с применением статистических методов и с непрерывным изучением потока информации обратной связи к надлежащим операциям для непрерывного усовершенствования и предотвращения дефектов;
- пересмотр процесса для снижения ранга значимости дефекта;
- планирование эксперимента и другие методы разрешения проблем;
- пересмотр плана управления;
- пересмотр конструкции и/ или процесса для повышения вероятности обнаружения.

Учебный центр ОАО «АВТОВАЗ»

Что такое RFMEA?

RFMEA - команда

Исходные данные

Виды и последствия потенциал. отказов процесса

ПЧР

Рекоменд. действия RFMEA

Контроль за выполнением рекоменд. действий



# Результирующее ПЧР

После того, как корректирующее действие определено, необходимо оценить и записать полученные показатели значимости, возникновения и обнаружения, в карту анализа в соответствующие столбцы.

Необходимо проанализировать новый предложенный вариант, подсчитать и записать значение нового **результирующего ПЧР**.

Все новые значения ПЧР следует рассматривать и, если окажется необходимым, то пересмотреть рекомендуемые действия и (или) план испытаний, для дальнейшего снижения ПЧР и повторить предыдущие действия.

Что такое  
PFMEA?

PFMEA -  
команда

Исходные  
данные

Виды и  
последствия  
потенциал.  
отказов  
процесса

ПЧР

Рекоменд.  
действия  
PFMEA

Контроль за  
выполнением  
рекоменд.  
действий



# Контроль за выполнением рекомендуемых действий

Что такое PFMEA?

PFMEA - команда

Исходные данные

Виды и последствия потенциал. отказов процесса

ПЧР

Рекоменд. действия PFMEA

Контроль за выполнением рекоменд. действий

Специалист, ответственный за процесс, отвечает за то, чтобы все рекомендованные предложения членов команды по доработке были рассмотрены и адекватно направлены.

У специалиста, ответственного за процесс, есть несколько средств убедиться что проблемы выявлены, и что рекомендованные действия проведены. Они включают:

- проверку, что требования к процессу/ продукту достигнуты;
- рассмотрение технических чертежей и спецификаций процесса/ продукта и течения процесса;
- подтверждение введения изменений в документацию изготовления/ сборки;
- рассмотрение планов управления и рабочих инструкций.



# Результаты работы PFMEA-команды

Что такое  
PFMEA?

PFMEA -  
команда

Исходные  
данные

Виды и  
последствия  
потенциал.  
отказов  
процесса

ПЧР

Рекоменд.  
действия  
PFMEA

Контроль за  
выполнением  
рекоменд.  
действий

В заключение работы PFMEA-команды должен быть составлен и подписан протокол, в котором отражают основные результаты работы команды, включающие:

- состав PFMEA-команды;
- описание технического объекта и его функций;
- перечень дефектов и (или) причин для первоначально предложенного варианта технологического процесса;
- экспертные баллы S, O, D и ПЧР для каждого дефекта и причины первоначально варианта конструкции;
- предложенные в ходе работы DFMEA-команды корректирующие действия;
- экспертные баллы S, O, D и ПЧР для каждого дефекта и причины доработанного варианта конструкции.



# Заключение

Прежде чем метод FMEA начнет приносить результаты необходимо преодолеть следующие трудности, связанные с его внедрением:

- необходимо провести обучение специалистов методологии FMEA;
- выработать на предприятии привычку работать «межфункциональной командой»;
- затратить дополнительные средства на этапе проектирования (особенно на этапе освоения FMEA);
- нужно время на формирование специалистов с практическим опытом для работы в FMEA-команде.



# Этапы внедрения FMEA

1. Ознакомительная лекция для главных специалистов и менеджеров;
2. Решение об обучении и внедрении FMEA. Приказ генерального директора;
3. Подбор специалистов. Образование «межфункциональных» команд;
4. Выбор ряда пробных узлов и технологий (из числа готовых) для улучшения в процессе обучения команд;
5. Обучение команд и практические занятия;
6. Разработка или модернизация бланков для работы команд;
7. Систематическая работа команд.



# Эффекты от работы FMEA - команд

- улучшенная, усовершенствованная конструкция (технология);
- эффект «совместно рожденного ребенка» ( $1+1>2$  – работа в группе лучше, чем по одиночке);
- взаимообучение членов команды;
- рождение новых технических идей, изобретений;
- сокращение времени проектирования и потерь в производстве;
- выделение ключевых показателей качества и ключевых процессов. Рациональное распределение усилий, ресурсов.