

# Анализ видов и последствий потенциальных отказов

---

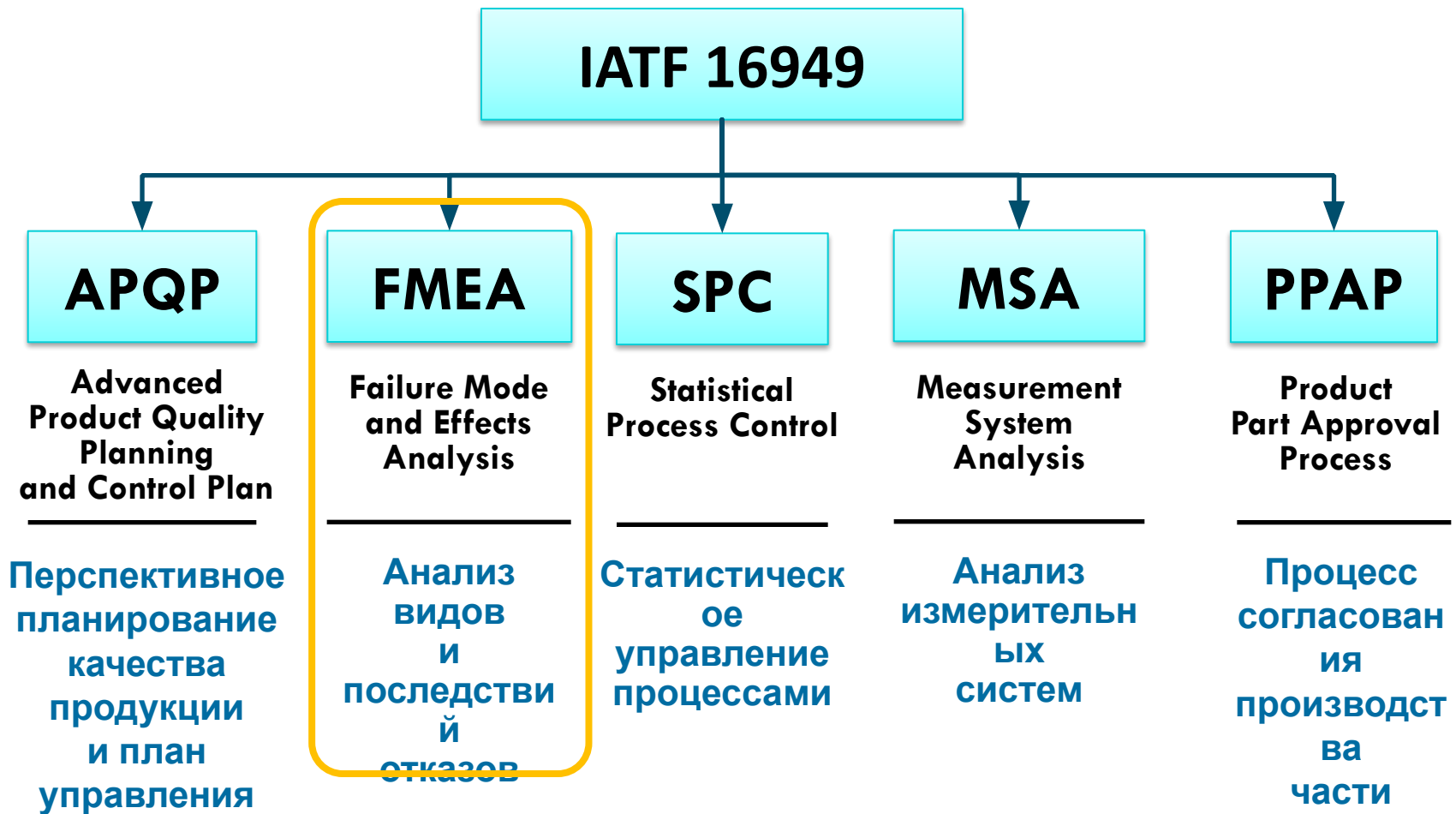


**FMEA**

*Failure Mode and Effects Analysis*

г. Санкт-Петербург  
2017 г.

# Состав системы IATF 16949



# Анализ видов и последствий отказов

---

- **FMEA – это подход, позволяющий:**
  - Выявить, **каким образом** может произойти отказ конструкции или процесса
  - Оценить **риск**, связанный с различными причинами
  - Установить **очередность действий** по снижению комплексного риска
  - Оценить **план утверждения проекта** (для конструкции) или **план контроля** (для процессов)

## Цели FMEA

---

- ❑ **Повысить** качество, надежность и безопасность конструкций / процессов;
- ❑ **Снизить** временные и материальные затраты на доработку продукта;
- ❑ **Документировать** и обеспечивать прослеживаемость записей по реализованным действиям для снижения риска;
- ❑ **Обеспечить** помощь при разработке надежных планов управления (Control Plans);
- ❑ **Повысить** удовлетворенность Потребителей.

# История FMEA



1949 – по н.в.

MIL-STD-1629 «Procedures for Performing a Failure Mode, Effects and Criticality Analysis»

1950 – 1970 гг.



1970-е гг.



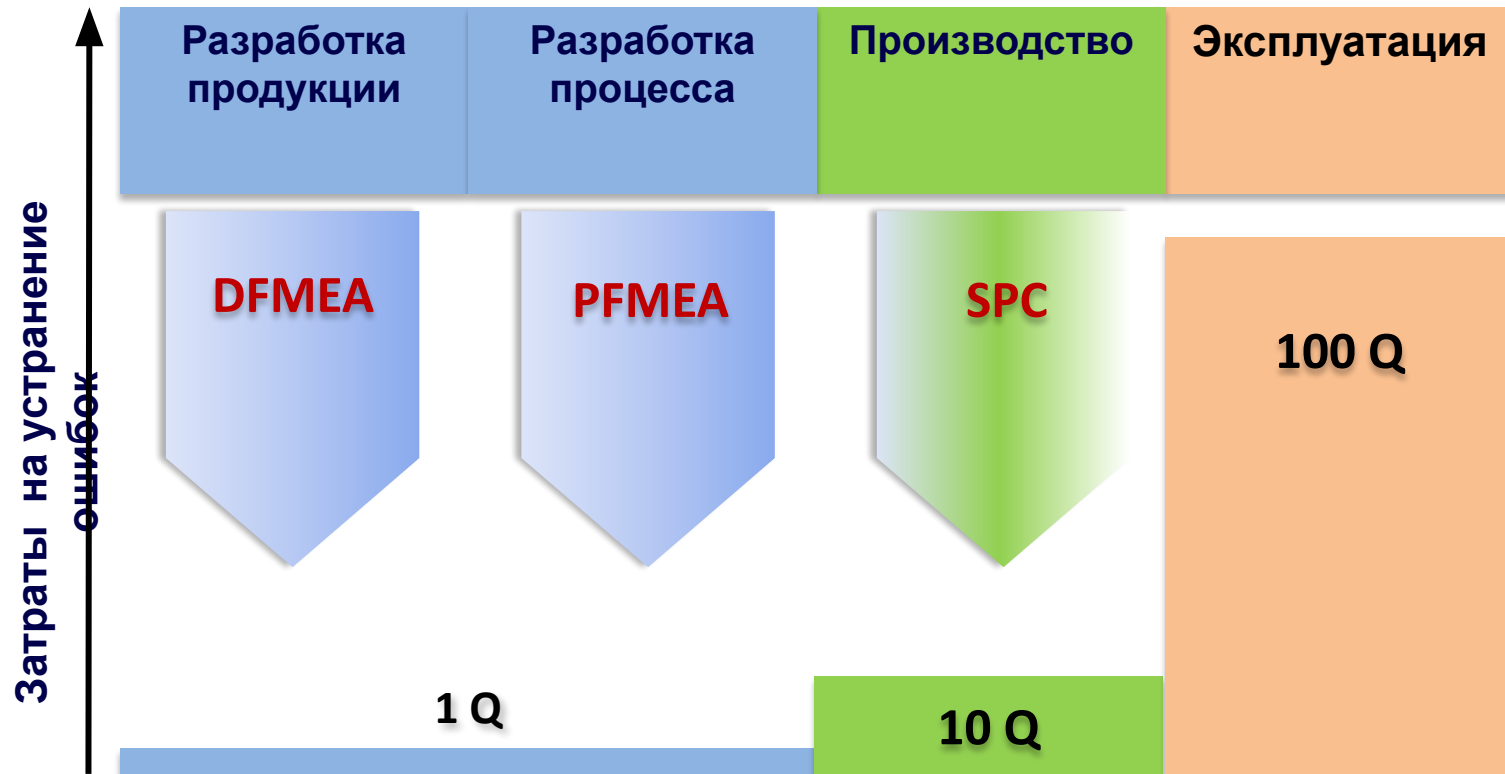
1988 – н.в.



1993 – н.в.



# Затраты на устранение ошибок



**FMEA должен являться дополнением к процессу проектирования!**

# Затраты на устранение ошибок

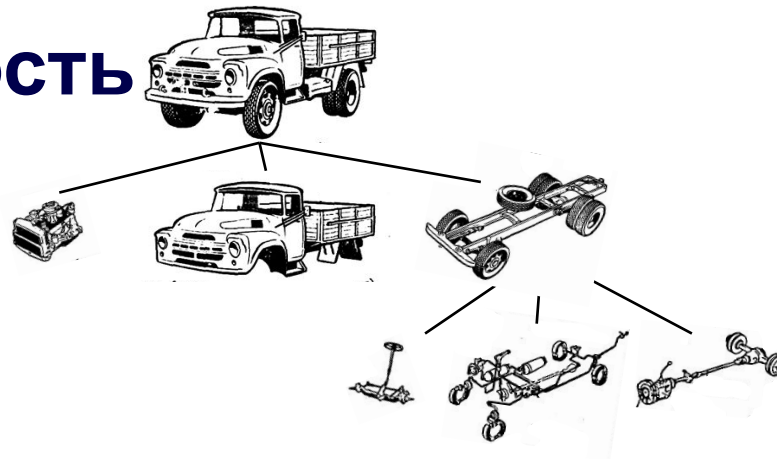


# Принципы применения FMEA

- Командная работа



- Иерархичность



Система  
Подсистема  
Компонент

- Итеративность

- Регистрация результатов





# Преимущества FMEA

---

- ❑ Помощь при определении функций и требований;
- ❑ Определение потенциальных отказов конструкции и процесса с учетом функциональных требований и возможных альтернатив;
- ❑ Формирование перечня потенциальных отказов, ранжированных по степени их влияния на потребителя;
- ❑ Рекомендации, помогающие при анализе требований и оценке изменений конструкций и процессов;
- ❑ Помощь в определении специальных характеристик и определении методов их особого контроля;
- ❑ Помощь в утверждении плана испытаний для конструкции.

## Слабые стороны FMEA

---

- ❑ Большие временные затраты (*нерезультативен при поверхностном рассмотрении*).
- ❑ Различие DFMEA и PFMEA нецелесообразно, т.к. судебная практика показывает, что ответственность за продукт и его разработку не может рассматриваться отдельно от процесса изготовления и сборки.
- ❑ FMEA для конструктора и технолога означает, что они должны критиковать свои собственные разработки.

# Когда применяется FMEA

Ситуация	Область применения FMEA
<b>Новая</b> конструкция / технология / процесс	Проведение и завершение конструирования и проектирования технологии или процесса
<b>Модернизированная</b> конструкция / процесс	Возможные взаимодействия, вызванные модификацией <i>(включая обязательные регламенты)</i>
<b>Изменение производственной среды и условий эксплуатации</b>	Воздействие новой среды, места и условий эксплуатации на существующую конструкцию / процесс

# Разновидности FMEA

---

**Concept** — FMEA концептуального предложения

**Design** — FMEA конструкции

**Process** — FMEA производственного процесса

**System** — FMEA системы

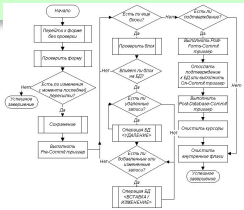
**Product** — FMEA продукта

**Service** — FMEA сервисного обслуживания

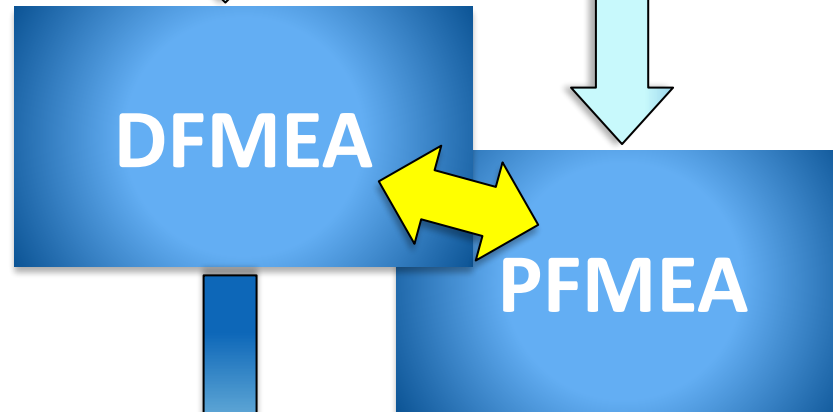
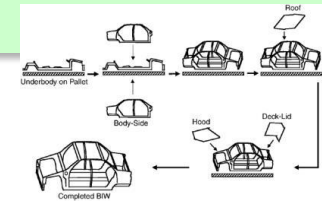
**Software** — FMEA программного обеспечения

# Связь между видами FMEA

Блок-схема,  
параметрическая  
диаграмма и т.д.



Карта потока  
процесса и т.д.



Введения  
испытаний  
конструкции и т.  
д.

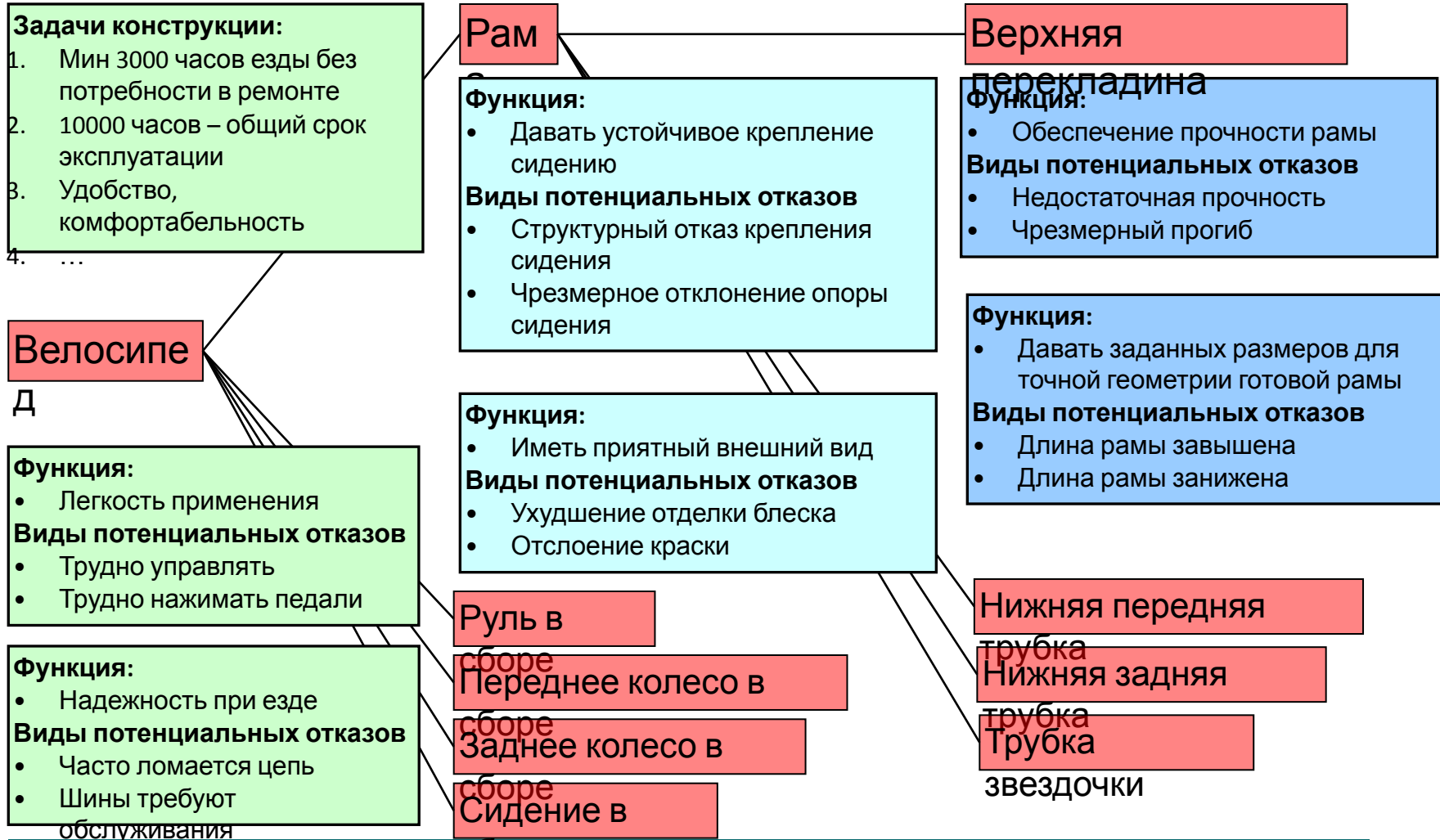
PROCESS CONTROL PLAN											
Part No.	Part Name	Process	Control Point	Control Method	Control Frequency	Control Location	Control Responsibility	Control Equipment	Control Record	Control Date	Control Status
100	Engine	Assembly	Final	Visual	100%	Assembly Line	Operator	None	None	2023-10-27	OK
200	Transmission	Assembly	Final	Visual	100%	Assembly Line	Operator	None	None	2023-10-27	OK
300	Chassis	Assembly	Final	Visual	100%	Assembly Line	Operator	None	None	2023-10-27	OK
400	Body	Assembly	Final	Visual	100%	Assembly Line	Operator	None	None	2023-10-27	OK
500	Paint	Assembly	Final	Visual	100%	Assembly Line	Operator	None	None	2023-10-27	OK
600	Wheels	Assembly	Final	Visual	100%	Assembly Line	Operator	None	None	2023-10-27	OK
700	Interior	Assembly	Final	Visual	100%	Assembly Line	Operator	None	None	2023-10-27	OK
800	Exterior	Assembly	Final	Visual	100%	Assembly Line	Operator	None	None	2023-10-27	OK
900	Engine	Assembly	Final	Visual	100%	Assembly Line	Operator	None	None	2023-10-27	OK
1000	Transmission	Assembly	Final	Visual	100%	Assembly Line	Operator	None	None	2023-10-27	OK

План управления  
(Control Plan)

# Виды FMEA

	Целевой объект	Основы FMEA	Момент создания	Ответственный за проведение
<b>FMEA системы (SFMEA)</b>	Вышестоящий продукт/система <i>(например, автомобиль)</i>	Концепт продукта	После определения концепта продукта	Отдел разработки (развития продукта)
<b>FMEA конструкции и (DFMEA)</b>	Деталь или блок <i>(например, вентиль)</i>	КД	После изготовления КД	Конструкторский отдел
<b>FMEA процесса (PFMEA)</b>	Этап производственного процесса <i>(напр., сверление, сборка, окраска)</i>	Планы процесса	После определения плана процесса	Отдел подготовки производства

# FMEA системы



# Выходные данные FMEA

DFMEA	PFMEA
Перечень потенциальных отказов <b>конструкции</b> и их причин	Перечень потенциальных отказов <b>процесса</b>
Перечень <u>потенциальных критических характеристик</u> (YC)	Перечень <u>подтвержденных критических</u> (CC) и/или <u>значимых характеристик</u> (SC)
Перечень рекомендаций по снижению комплексного риска <b>для конструкции</b> (уменьшения значений показателей <i>S, O и D</i> )	Перечень рекомендаций по снижению комплексного риска <b>для процесса</b> (уменьшения значений показателей <i>S, O и D</i> )
Рекомендации по внесению изменений в конструкцию	Рекомендации по изменениям процесса и/или соответствующей документации ( <i>Control plan, рабочие инструкции, план цеха и т.д.</i> )



# Определение потребителя

---

## □ DFMEA

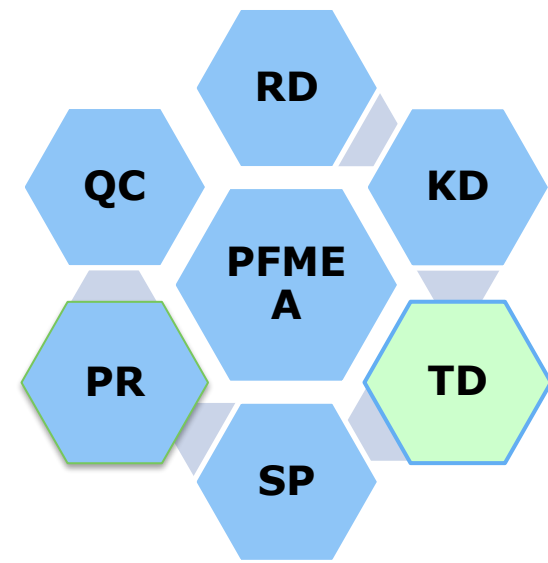
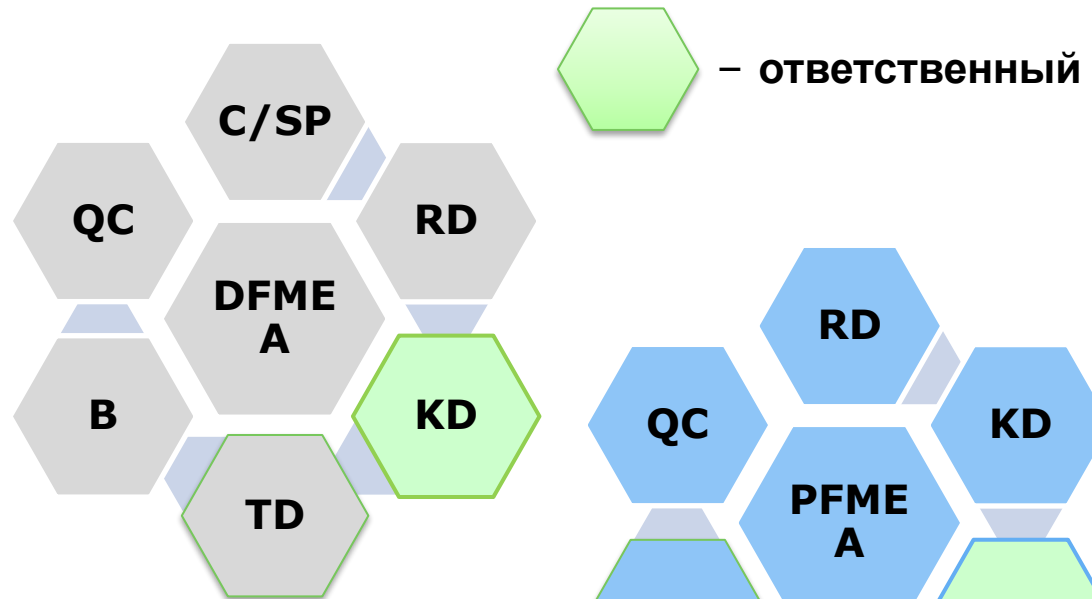
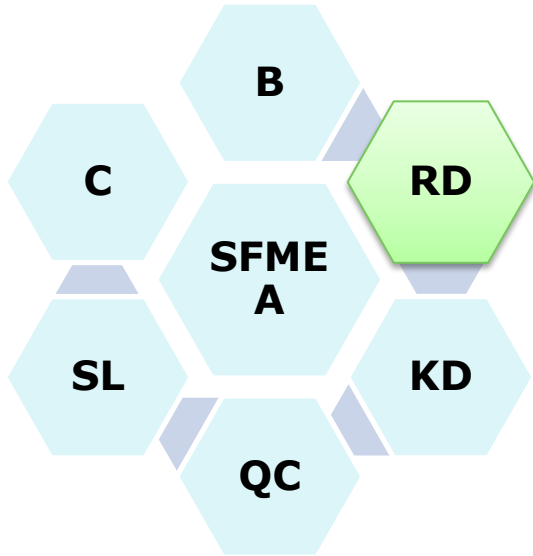
- «конечный потребитель»;
- ответственные за разработку изделия или его сборочных единиц;
- ответственные за производственный процесс.

## □ PFMEA

- «конечный потребитель»,
- последующие операции

# Состав FMEA-команды

Главный принцип - **многофункциональность**



- Сокращения:**  
**B** – закупка  
**RD** – разработка  
**KD** – конструктор  
**C** – заказчик/потребитель  
**SP** – поставщик  
**PR** – производство  
**TD** – подготовка производства

- QC** – отдел качества  
**SL** – сбыт

# Методы работы

---

- Обычно при разработке FMEA команда использует **метод мозгового штурма**:
  - Рекомендуемое время работы: **3 – 6** часов в день;
  - Состав команды: **4 – 8** человек;
  - В команду могут приглашаться специалисты других предприятий, представители поставщиков или потребителя.

# Форма протокола FMEA анализа

Система   
  Подсистема   
  Компонент

Объект анализа \_\_\_\_\_

Модельный год/ Проект \_\_\_\_\_

Ответственный за дизайн: \_\_\_\_\_

Планируемые сроки проведения FMEA:  
 начало \_\_\_\_\_ окончание \_\_\_\_\_

Действительные сроки проведения FMEA:  
 начало \_\_\_\_\_ окончание \_\_\_\_\_

Код протокола FMEA \_\_\_\_\_

Стр. \_\_\_\_ из \_\_\_\_  
 Подготовил: \_\_\_\_\_

Дата FMEA: \_\_\_\_ Ред. \_\_\_\_

Члены команды:

Функция/ процесс	Вид дефекта	Последствия дефекта	Балл S	Класс	Причина	Балл O	Меры по обнаружению/ предупреждению	Балл D	ПЧР	Рекомендуемое изменение	Ответственность и дата	Результаты работы			
												Предпринятые действия	Результаты		
													S	O	ПЧР

Разрабатывается организацией самостоятельно,  
либо с учетом требований клиента

# Этапы FMEA

---

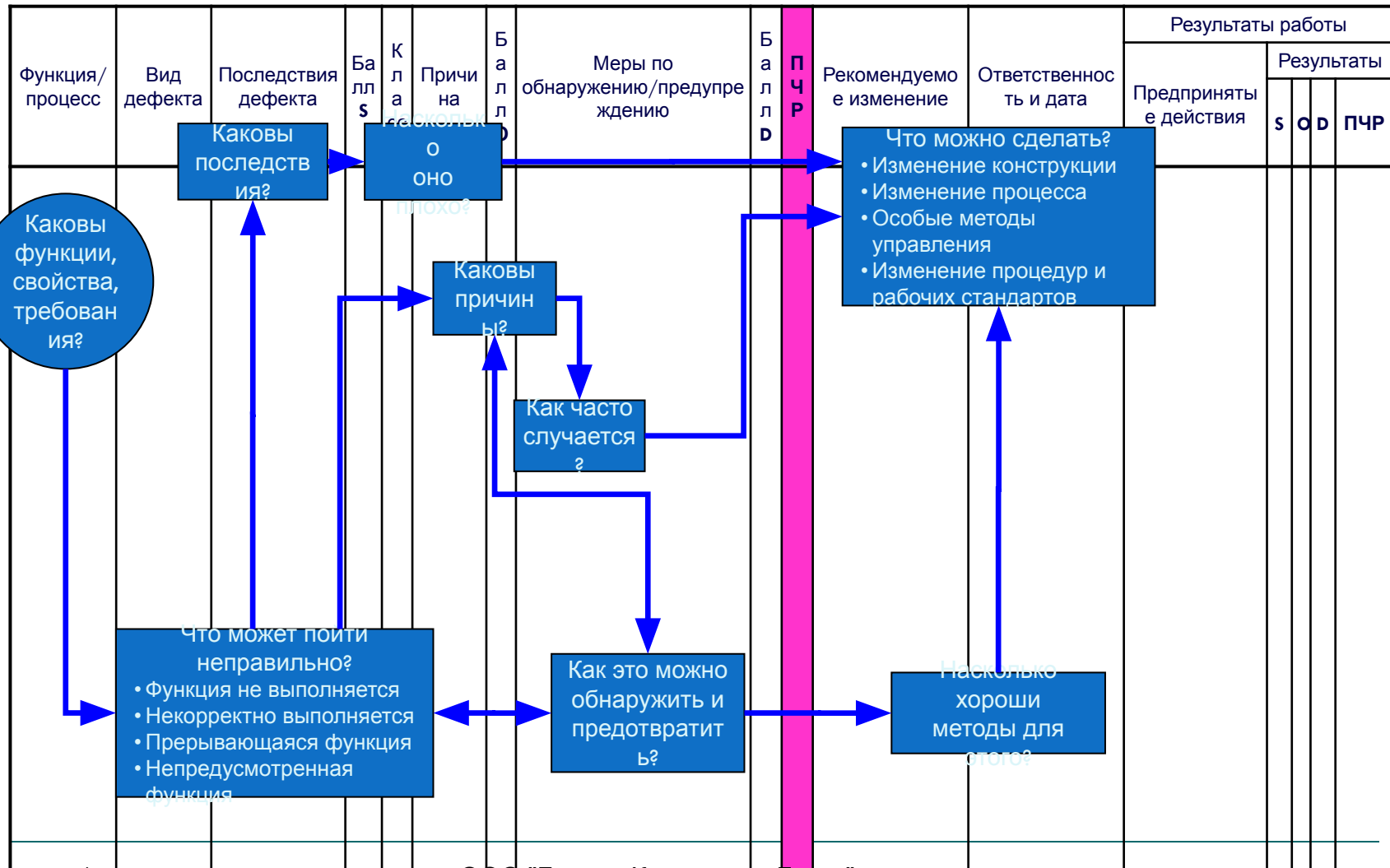
## Алгоритм проведения FMEA

## Этапы FMEA

---

1. Описание функций / стадий производственного процесса.
2. Определение *потенциальных* дефектов.
3. Определение *потенциальных* последствий.
4. Определение значимости последствий (**S**).
5. Определение возможных причин.
6. Описание *действующих* мер по предупреждению.
7. Описание *действующих* мер по обнаружению.
8. Определение вероятности возникновения причины (**O**).
9. Определение вероятности обнаружения дефекта (**D**).
10. Расчёт ПЧР.
11. Разработка рекомендуемых действий.
12. Контроль выполнения.
13. Перерасчёт ПЧР.

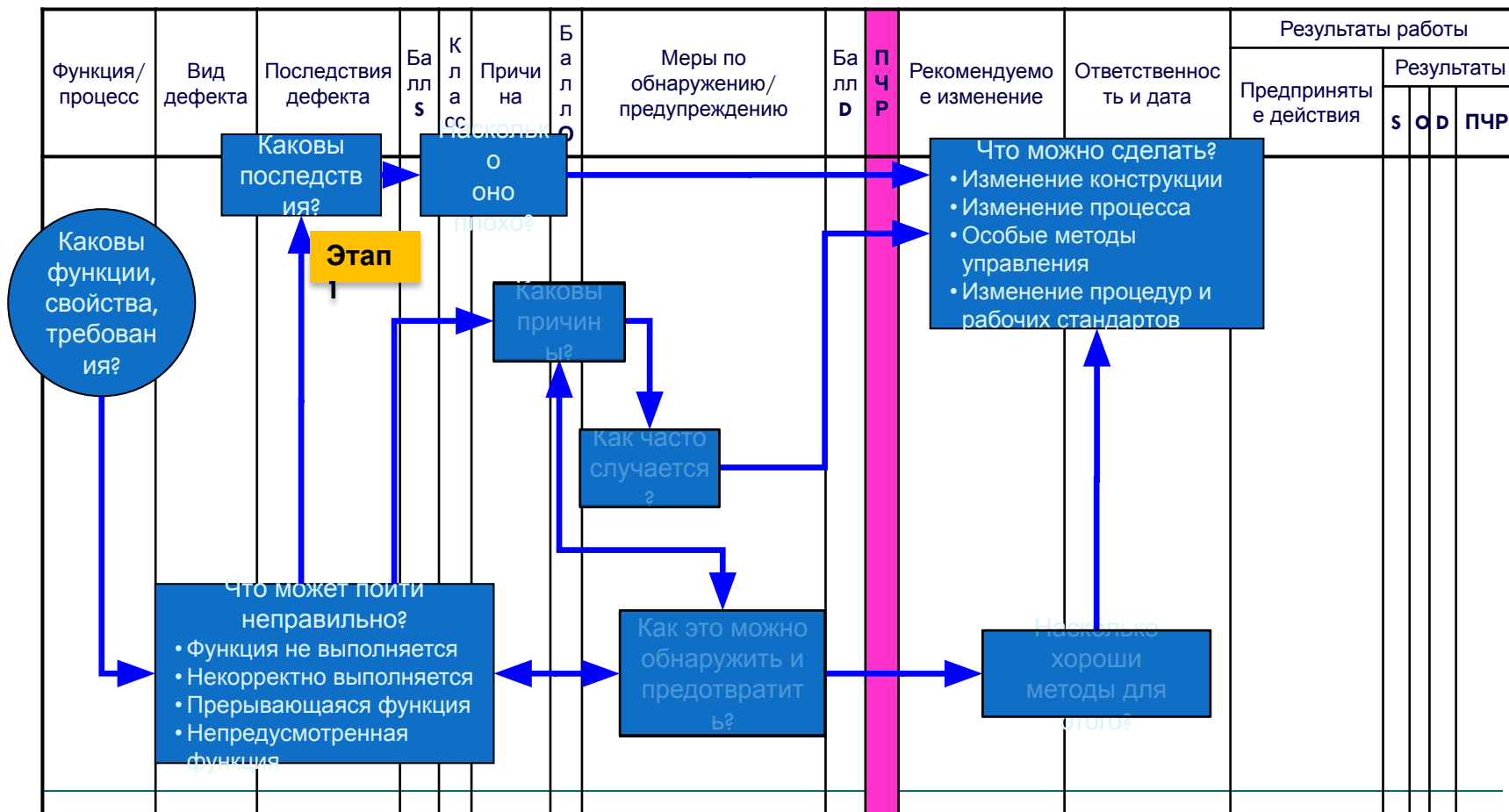
# Последовательность FMEA анализа



# Последовательность FMEA анализа

## Этап 1

Первый этап анализа проводится по следующей схеме:





## Этап 1

---

- **Действия, необходимые на 1-м этапе анализа:**
  - Идентифицировать **все функции** (согласно области применения);
  - Идентифицировать **потенциальные дефекты** (отказы) по каждой функции;
  - Определить **возможные последствия** для каждого дефекта;
  - Определить **критерий значимости (S)** для каждого последствия;

# Потенциальные отказы

---

## для DFMEA и PFMEA

- Функция не реализуется;
- Ухудшенная функция;
- Прерывающаяся функция;
- Непредусмотренная функция.

**Разница только в объектах анализа**

## Оценка последствий отказа

---

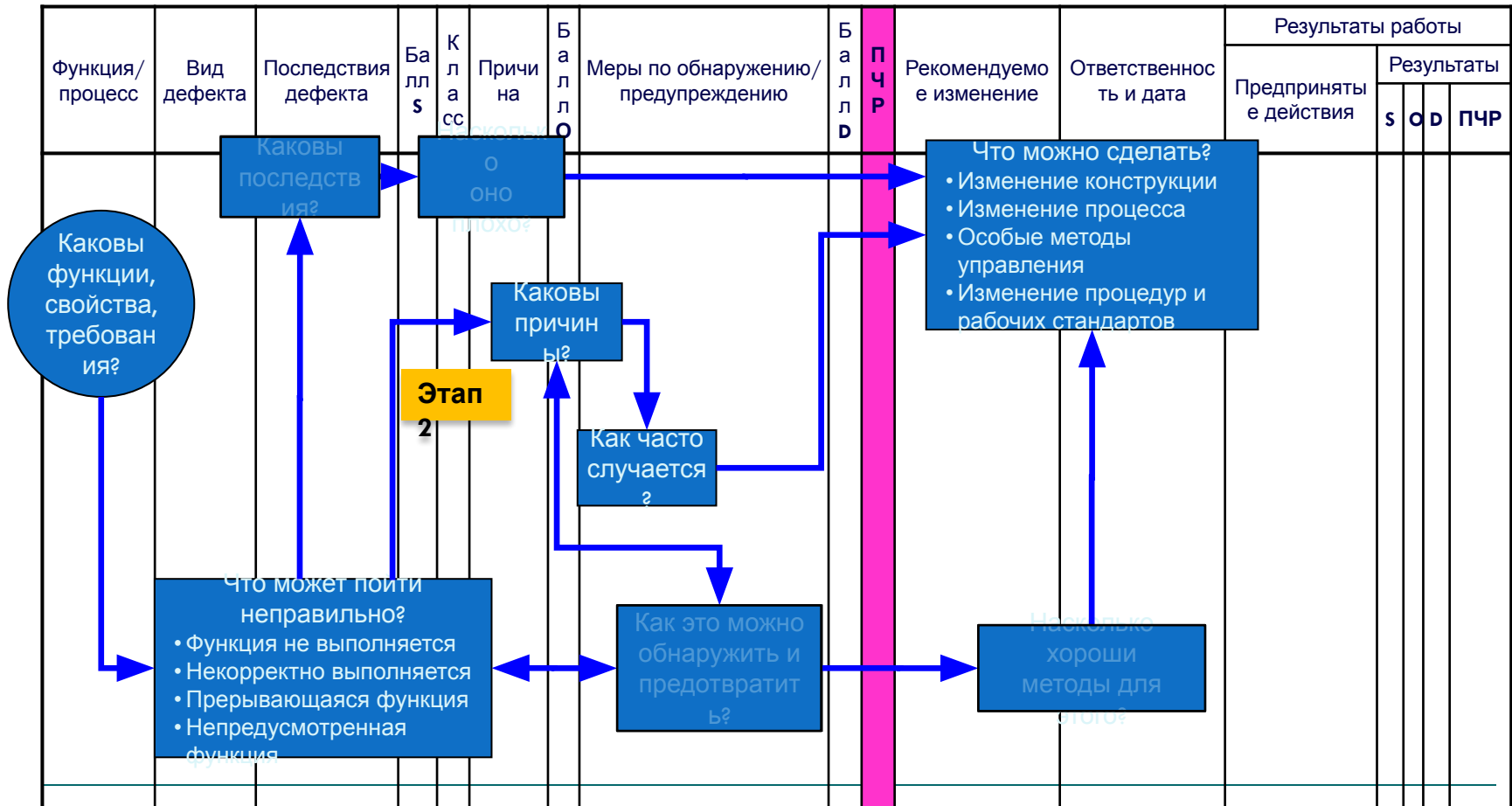
- Определяется значимость  $S$  каждого возможного последствия по 10-бальной шкале.
- Выбирается последствие **с наибольшей значимостью**, с которым продолжается работа.
- Отказы с  $S = 1$  не рассматриваются, но **обязательно вносятся в протокол FMEA.**

**Снижение значимости  $S$  возможно только изменением конструкции / изменением процесса!**

# Последовательность FMEA анализа

## Этап 2

Для дефектов и их причин, которые не удалось устранить на 1-м этапе анализа, проводится 2-й этап



# Последовательность FMEA анализа –

## Этап 2

---

- **Действия, необходимые на 2-м этапе анализа:**
  - идентифицировать **причины отказов** (*первого уровня и ключевые*);
  - Определить **вероятность возникновения (O)** причин (*последующая работа ведется с каждой причиной*);
  - Определить специальные характеристики (*при необходимости*) и обозначить их в графе «Класс»;
  - Разработать мероприятия для высоких значений **S x O «Критичности»**.

**Единственный путь снижения вероятности возникновения – предупреждение или управление причиной/механизмом вида отказа посредством изменения конструкции или процесса**

# Типовые механизмы отказов

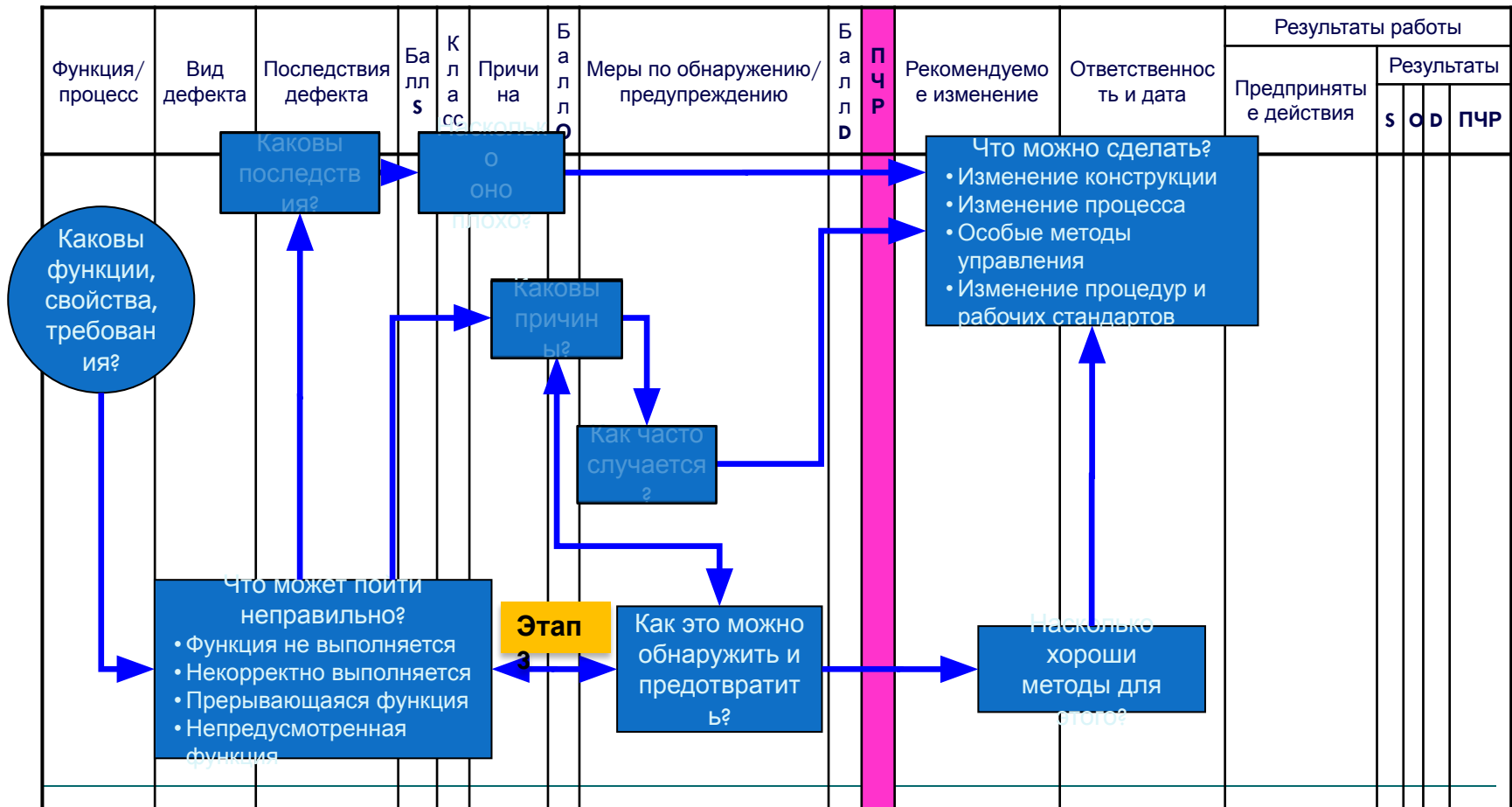
---

- Текучесть;
- Ползучесть;
- Нестабильность материала;
- Усталость;
- Износ;
- Коррозия;
- Химическое окисление.

# Последовательность FMEA анализа

## Этап 3

Для дефектов и их причин, которые не удалось устранить на 1-м и 2-м этапах анализа, проводится 3-й этап



## Этап 3

---

- **Действия, необходимые на 3-м этапе анализа:**
  - Определить действующие меры по предотвращению отказа и **вероятность возникновения (O)**;
  - Определить действующие контрольные мероприятия и **вероятность обнаружения (D) от 1 до 10**;
  - Рассчитать начальный ПЧР;



# Расчет приоритетного числа риска

Составляющие риска:

- **S** (*SEVERITY*) - значимость отказа;
- **O** (*OCCURRENCE*) - частота возникновения;
- **D** (*DETECTION*) - возможность обнаружения.

$$\text{ПЧР} = S * O * D$$

Значения **ПЧР** могут меняться от 1 до 1000.

# **FMEA конструкции (DFMEA)**

---

# Определение области применения

- Команда должна рассмотреть, что относится к конструкции (компоненту, подсистеме, системе):
  - Определить связи продукта с сопряженными системами или компонентами;
  - Оказывает ли продукт влияние на другие компоненты (системы);
  - Существуют ли входы в продукт, обусловленные другими системами или компонентами;
  - Включено ли в продукт обнаружение потенциальных отказов связанных с ним систем.

# Определение требований

---

- **Типовые инструменты определения требований:**
  - Внешние нормативные документы;
  - Конструкторская документация (схемы, чертежи);
  - Спецификации материалов (ВОМ);
  - Карта технологического процесса;
  - Информация об аналогичных видах продукции;
  - Матрицы взаимосвязи;
  - Развертывание функции качества (QFD);
  - Статистика по качеству и надежности.

# Описание функций

---

- ❑ Для проведения анализа необходимо рассматривать состояние объекта как исходную ситуацию. При этом предполагается, что **все его компоненты исправны.**
- ❑ Проводят иерархическое деление объекта по функциональным признакам на системы, подсистемы и т.д.
- ❑ Сформулировать основные выполняемые им функции *(при необходимости составить дерево функций)*;
- ❑ Определить требования к условиям эксплуатации;
- ❑ Установить и рассмотреть ключевые характеристики.

**На основе этих данных составить перечень потенциальных отказов**

# Типовые виды отказов DFMEA

---

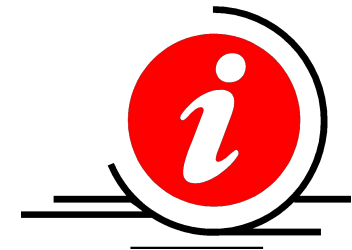
- Деформация;
  - Утечка;
  - Окисление;
  - Внезапное включение / выключение;
  - Недостаточный / нестабильный сигнал / его отсутствие;
  - Заедание;
  - Разрушение при работе;
  - Пробуксовка;
  - Электромагнитные помехи;
- и т.д.

**Потенциальные отказы следует описывать в физических или технических терминах, а не симптомами, заметными потребителю.**

# Особенность DFMEA

---

- **FMEA-конструкции:**
  - МОЖЕТ ВКЛЮЧАТЬ **анализ** потенциальных **отказов конструкции**, выявленных в процессе изготовления;
  - **должен принимать во внимание** технические/физические ограничения технологического процесса производства, обслуживания, утилизации и т.д.



# Примеры ограничений

---

- ❑ Необходимые формы для отливки;
- ❑ Несовершенство отделки поверхностей;
- ❑ Пространство/доступ для оснащения при сборке;
- ❑ Ограничения на твёрдость стали;
- ❑ Воспроизводимость / пригодность процессов.



# Типовые последствия отказов

## DFMEA

---

- Шум при работе;
  - Неправильная работа / неработоспособность;
  - Плохой внешний вид;
  - Прерывистая работа;
  - Нарушение управляемости;
- и т.д.

**Последствия потенциальных отказов определяются по восприятию отказа потребителем**

# Рекомендуемые критерии оценки значимости (S)

## DFMEA

Последствие	Критерий значимости последствия	Балл S
Несоответствие требованиям безопасности и/или управления	Вид потенциального отказа негативно влияет на безопасную работу ТС и/или влечет несоответствия государственным нормативам <b>без предупреждения</b>	10
	Вид потенциального отказа негативно влияет на безопасную работу ТС и/или влечет несоответствия государственным нормативам <b>с предупреждением</b>	9
Потеря или снижение первичной функции	Потеря первичной функции (ТС в нерабочем состоянии, нет влияния на безопасность работы)	8
	Снижение первичной функции (ТС в рабочем состоянии, но со сниженными показателями работы)	7
Потеря или снижение вторичной функции	Потеря вторичной функции (ТС в рабочем состоянии, но функции комфорта/удобства не работают)	6
	Снижение вторичной функции (ТС в рабочем состоянии, но снижены показатели функции комфорта/удобства)	5
Помехи	Появляющийся или постоянно слышимый шум, ТС в рабочем состоянии, изделие неудобно, что отмечается большинством потребителей (>75%)	4
	Появляющийся или постоянно слышимый шум, ТС в рабочем состоянии, изделие неудобно, что отмечается меньшим количеством потребителей (50%)	3
	Появляющийся или постоянно слышимый шум, ТС в рабочем состоянии, изделие неудобно, что отмечается малым количеством потребителей (<25%)	2
Нет	Нет ощутимых последствий	1

# Шкала баллов значимости DFMEA

---

## «Опасное с предупреждением» —

такое последствие, о возможности наступления, которого потребитель/пользователь **предупреждается заранее** **ЦВЕТОВЫМ**, **ЗВУКОВЫМ** или другим индикатором.

- В ряде случаев предотвратить наступление дефекта с его последствием невозможно или технически нецелесообразно, но легко осуществить предупреждение о наступлении в ближайшее время такого дефекта (*например, износ колодок тормозов, падение уровня тормозной жидкости и т. п.*)

# Типовые причины отказов DFMEA

---

- Неверное предположение о жизнеспособности конструкции;
- Неправильно выбран материал;
- Неверно установлены допуски;
- Недостаточные возможности смазки;
- Неполные / некорректные инструкции по обслуживанию и эксплуатации;
- Неправильный алгоритм работы ПО;
- Неправильные спецификации ПО;
- Неправильные спецификации по отделке поверхностей;
- Чрезмерный нагрев;
- Перегрузка.

# Рекомендуемые критерии оценки возникновения (O) DFMEA

Вероятность отказа	Критерии: возникновение причины - DFMEA		Возможные частоты отказов	Балл O
<b>Очень высокая</b>	Новая технология/новая конструкция без истории		<b>100</b> на тысячу TC ( $\geq 1/10$ )	<b>10</b>
<b>Высокая</b>	Отказ <b>неизбежен</b>	в новой конструкции или при изменении в рабочем цикле/условиях эксплуатации	<b>50</b> на тысячу TC (1/20)	<b>9</b>
	Отказ <b>возможен</b>		<b>20</b> на тысячу TC (1/50)	<b>8</b>
	Отказ <b>не очевиден</b>		<b>10</b> на тысячу TC (1/100)	<b>7</b>
<b>Умеренная</b>	Частое возникновение отказов	Отказы связаны с подобными конструкциями или моделированием и тестированием конструкции	<b>2</b> на тысячу TC (1/500)	<b>6</b>
	Умеренное возникновение отказов		<b>0,5</b> на тысячу TC (1/2000)	<b>5</b>
	Редкое возникновение отказов		<b>0,1</b> на тысячу TC (1/10000)	<b>4</b>
<b>Низкая</b>	Очень редкое возникновение отказов	Отказы связаны с близким аналогом конструкции или в моделировании и тестировании конструкции	<b>0,01</b> на тысячу TC (1/100000)	<b>3</b>
	Отказы практически не проявляются		<b>≤0,001</b> на тысячу TC (1/1000000)	<b>2</b>
<b>Малая</b>	Отказ исключен посредством предупреждающих мер		<b>Отказ исключен</b>	<b>1</b>

Вероятность обнаружения определяют для **каждого дефекта** и **всех возможных причин** появления этого дефекта

## Критерии оценки предупреждения/обнаружения (D) DFMEA

Возможность обнаружения	Вероятность обнаружения	Критерии оценки предупреждения/обнаружения	Балл D
Отсутствует	Практически отсутствует	Нет управления процессом конструирования. Отказ не может быть обнаружен или не анализируется	10
Маловероятно обнаружить на всех стадиях	Очень низкая	Результаты моделирования (например, компьютерного (CAE)) не соответствуют ожидаемым фактическим условиям эксплуатации	9
После утверждения конструкции, но до запуска изделия в производство	Низкая	Испытания на приемку/браковку (испытание системы, подсистемы с такими критериями приемки, как: комфорт во время езды, управляемость, оценка перед отгрузкой и т.д.)	8
	Довольно низкая	Испытание системы или подсистемы до возникновения отказа, испытание на взаимодействие систем и т.д.	7
	Невысокая	Проверка функционирования после испытаний на долговечность	6
Обнаружение до утверждения конструкции	Умеренная	Испытание на долговечность, доводочное испытание или проверка пригодности, с использованием испытаний на приемку/браковку	5
	Умеренно высокая	Доводочное испытание или проверка пригодности с использованием испытаний на отказ (до протечки, деформации, трещин и т.д.)	4
	Высокая	Испытание на надежность, доводочные испытания или проверка пригодности, с использованием данных из ресурсных испытаний	3
Анализ, моделирующий условия эксплуатации	Очень высокая	Результаты моделирования соответствует фактическим или ожидаемым условиям эксплуатации до утверждения конструкции	2
Обнаружение не требуется, отказы предотвращаются	Почти наверняка	Причина или вид отказа исключаются благодаря применению решений «Poka-Yoke» при проектировании	1

# **FMEA процесса (PFMEA)**

---

# Проведение PFMEA

---

- FMEA-процесса должен:
  - осуществляться до или вовремя технико-экономического обоснования или до заказа оборудования;
  - Охватывать **все рабочие операции и этапы** процесса создания продукта, включая поступление, транспортировку и складирование материалов, идентификацию, операции контроля качества и т.д.;
- Разработкой алгоритма процесса, FMEA-процесса и плана управления должна занимается **одна команда.**



# Входные данные PFMEA

---

- Описание технологического процесса аналогичной продукции;
- Карта потока процесса;
- Характеристики продукции;
- Потенциальные отказы из-за недостатков конструкции;
- Диаграмма причинно-следственных связей;
- Данные по отказам:
  - производство,
  - испытания,
  - эксплуатация.

# Типовые виды отказов PFMEA

---

- Деформация при сборке (обработке);
  - Раннее затверждение / размягчение;
  - Задир / повреждение от прикосновения;
  - Неверная маркировка;
  - Неправильная установка компонента;
  - Отверстие смещено / отсутствует;
  - Отверстие больше / меньше нормы;
  - Загрязнение детали в процессе обработки
- и т.д.

**Следует сделать предположение, что приходящие части/материалы соответствуют требованиям**

# Типовые последствия отказов PFMEA

## Для внутреннего потребителя:

- Нельзя укрепить
- Нельзя просверлить/нарезать
- Нельзя отремонтировать
- Нельзя отполировать
- Повреждает оборудование
- Не подходит
- Не соединяется
- Не согласуется
- Вызывает чрезмерный износ
- Опасность для оператора

Последствие следует описывать  
в терминах качества процесса/операции

## Для конечного потребителя:

- Шум
- Неработоспособность
- Дрейф
- Неприятный запах
- Нарушение управляемости
- Переделки/ремонт
- Брак
- Неправильная работа
- Нестабильность
- Плохой внешний вид
- Прерывистая работа
- Плохая тяга

Последствия должны быть описаны  
в терминах изделия или системы

## Критерии значимости последствия для процесса (S) PFMEA (для конечного потребителя)

Последствие	Критерий значимости последствия	Балл S
Несоответствие требованиям безопасности и/или управления	Вид потенциального отказа негативно влияет на безопасную работу ТС и/или влечет несоответствия государственным нормативам <b>без предупреждения</b>	10
	Вид потенциального отказа негативно влияет на безопасную работу ТС и/или влечет несоответствия государственным нормативам <b>с предупреждением</b>	9
Потеря или снижение первичной функции	Потеря первичной функции (ТС в нерабочем состоянии, нет влияния на ее безопасность)	8
	Снижение первичной функции (ТС в рабочем состоянии, но со сниженными показателями работы)	7
Потеря или снижение вторичной функции	Потеря вторичной функции (ТС в рабочем состоянии, но функции комфорта/удобства не работают)	6
	Снижение вторичной функции (ТС в рабочем состоянии, но снижены показатели функции комфорта/удобства)	5
Помехи	Появляющийся или постоянно слышимый звук, транспортное средство работоспособно. Дефект замечается большинством потребителей (> 75%)	4
	Появляющийся или постоянно слышимый звук, транспортное средство работоспособно. Дефект замечается многими потребителями (50%)	3
	Появляющийся или постоянно слышимый звук, транспортное средство работоспособно. Дефект замечается небольшим количеством потребителей (<25%)	2
Отсутствует	Нет ощутимых последствий	1

## Критерии значимости последствия для процесса (S) PFMEA (для следующего процесса)

Последствие	Критерий значимости последствия	Балл S
Несоответствие требованиям безопасности или правительственным нормам	Может подвергнуться опасности оператора станка или на сборке <b>без предупреждения</b>	10
	Может подвергнуться опасности оператора станка или на сборке <b>с предупреждением</b>	9
Крупный ущерб	Может браковаться до 100 % продукции. <b>Остановка линии или отгрузки</b>	8
Значительный ущерб	Может браковаться <b>часть</b> продукции. Отклонение от нормальной работы процесса, включая снижение производительности или потребность в дополнительной рабочей силе	7
Умеренный ущерб	До 100% выпускаемой продукции может быть отправлено на доработку и приемку	6
	Часть выпускаемой продукции может быть отправлена на доработку и приемку	5
	До 100% выпускаемой продукции может быть отправлено на доработку на месте до последующей обработки	4
	Часть выпускаемой продукции может быть отправлена на доработку на месте до последующей обработки	3
Незначительный ущерб	Незначительные затруднения для процесса, операции или неудобства для оператора	2
Отсутствует	Никакого заметного последствия	1

# Типовые причины отказов PFMEA

---

- Неправильно подобраны режимы процесса;
- Ненадлежащая затяжка – больше/меньше нормы;
- Ненадлежащая сварка – ток, время, давление;
- Неточный прибор;
- Ненадлежащая термообработка – температура, время;
- Ненадлежащее сечение для жидкости или газа;
- Недостаточность смазки или ее отсутствие;
- Отсутствие части или ее неправильная установка;
- Изношен инструмент;
- Изношена направляющая;
- Стружка в направляющей – сломан инструмент;
- Неверно установлен станок;
- Неправильное программирование.

и т.д.

## Рекомендуемые критерии оценки возникновения дефекта (O) PFMEA

Вероятность отказа	Возможные частоты отказов	Балл O
<b>Очень высокая</b>	100 на тысячу ТС ( $\geq 1/10$ )	10
	50 на тысячу ТС ( $1/20$ )	9
<b>Высокая</b>	20 на тысячу ТС ( $1/50$ )	8
	10 на тысячу ТС ( $1/100$ )	7
<b>Умеренная</b>	2 на тысячу ТС ( $1/500$ )	6
	0,5 на тысячу ТС ( $1/2\ 000$ )	5
	0,1 на тысячу ТС ( $1/10\ 000$ )	4
<b>Низкая</b>	0,01 на тысячу ТС ( $1/100\ 000$ )	3
	$\leq 0,001$ на тысячу ТС ( $1/1\ 000\ 000$ )	2
<b>Очень низкая</b>	Отказ исключается посредством предупреждающих мер управления	1

Вероятность обнаружения определяют для **каждого дефекта** и **всех возможных причин** появления этого дефекта

## Критерии оценки обнаружения (D) PFMEA

Возможность обнаружения	Вероятность обнаружения	Вероятность обнаружения мерами управления процессом		Балл D	
Нет возможности обнаружить	Практически невозможно	Нет действующих мер управления процессом		10	
Обнаружение маловероятно	Очень низкая	Вероятность обнаружения вида и/или ошибки (причины) отказа невысокая, например случайные проверки		9	
После завершения процесса	Низкая	Оператор	После завершения процесса с помощью органолептических методов	8	
В истоке процесса	Довольно низкая		в ходе процесса с помощью органолептических методов или после завершения процесса с помощью контроля по альтернативному признаку	7	
После завершения процесса	Невысокая		с применением контроля по количественному или по альтернативному признаку	6	
В истоке процесса	Умеренная		с применением контроля по количественному признаку или автоматический контроль	5	
После завершения процесса	Умеренно высокая		Автоматический контроль	Блокирует несоответствующие детали на месте, чтобы предотвратить их дальнейшую обработку	4
В истоке процесса	Высокая			Блокирует несоответствующие детали на месте	3
Обнаружение ошибки / Предупреждение	Очень высокая	Предотвращает производство отличающейся детали		2	
Ошибки	Почти наверняка	Причина или вид отказа исключаются благодаря применению		1	



# Определение приоритетности действий

---

**DFMEA и PFMEA**

# Определение приоритетности действий

---

- Основное внимание команды должно быть направлено на виды отказов с самыми высокими рангами значимости **(8-9-10)** независимо от значения ПЧР или альтернативного показателя.

# Определение приоритетности действий

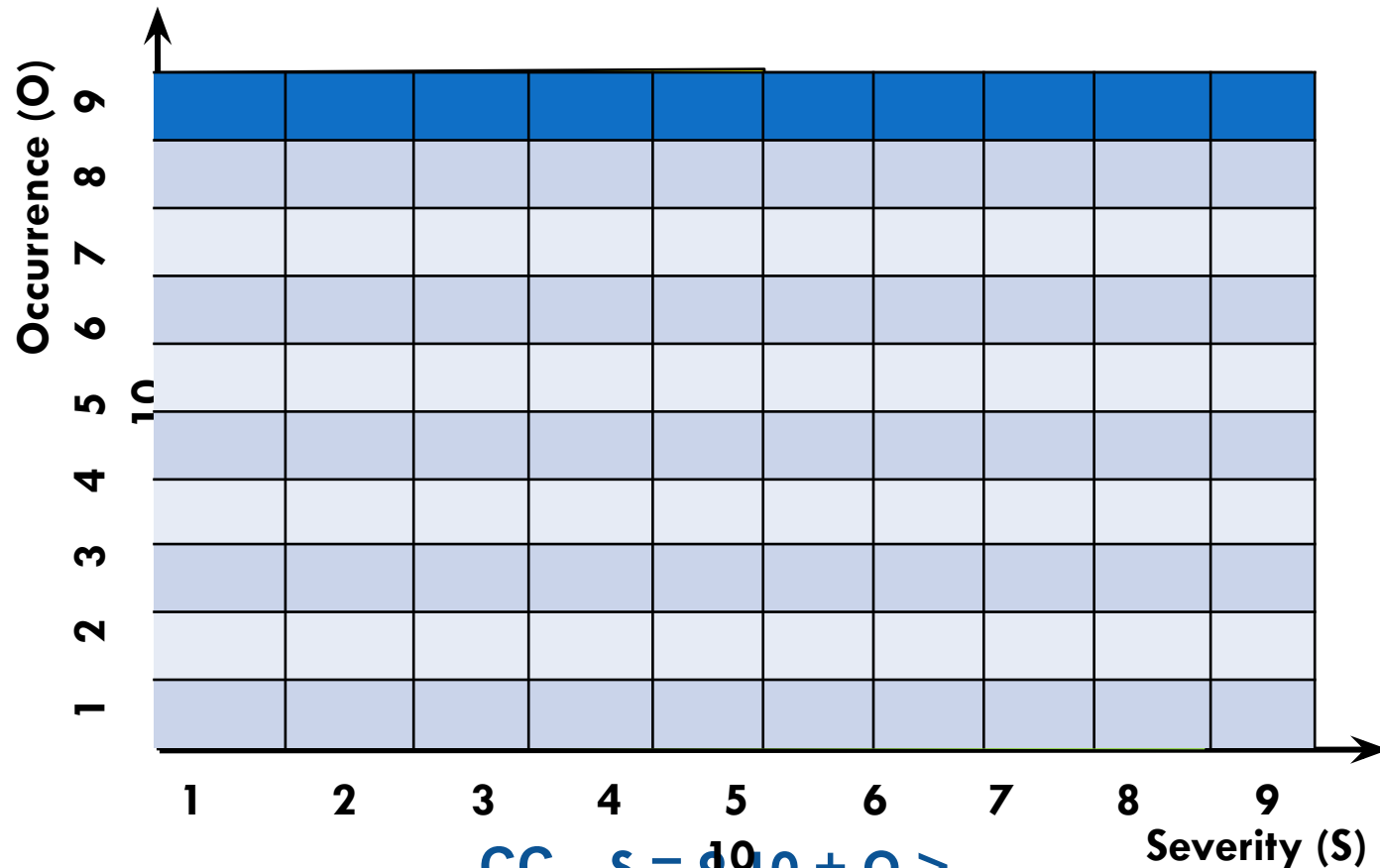
Использование граничного **ПЧР не рекомендуется!**

Граничные значения **ПЧР** могут быть установлены потребителем.

Отказ	Значимость (S)	Возникновение (O)	Обнаружение (D)	ПЧР
A	9	2	5	90
B	7	4	4	112

- В данном случае, несмотря на то, что ПЧР отказа **B** больше, работать в первую очередь надо над отказом **A**, так как у него больший ранг значимости.

# Матрица оценки риска

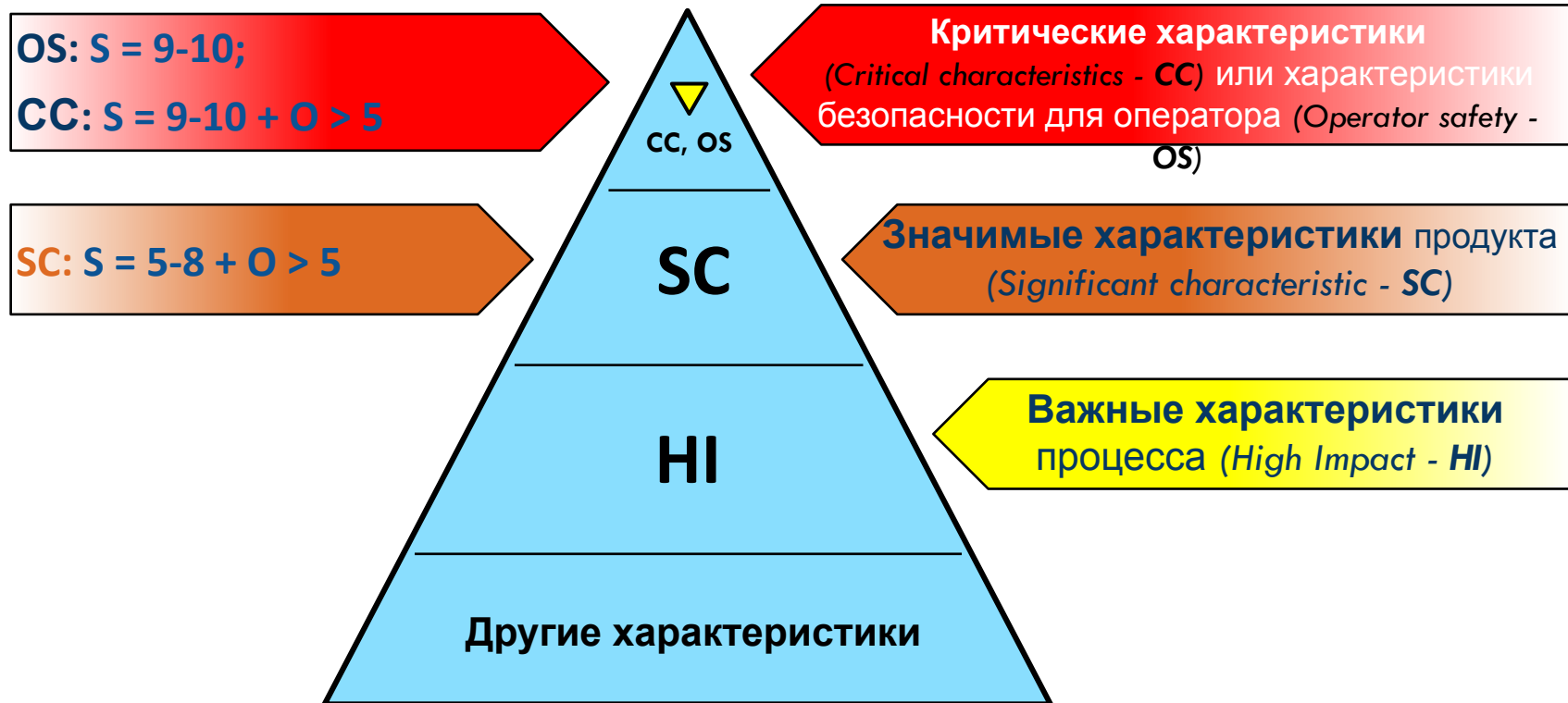


$$CC - S = 9 - 10 + O > 5$$

$$SC - S = 5 - 8 + O > 5$$

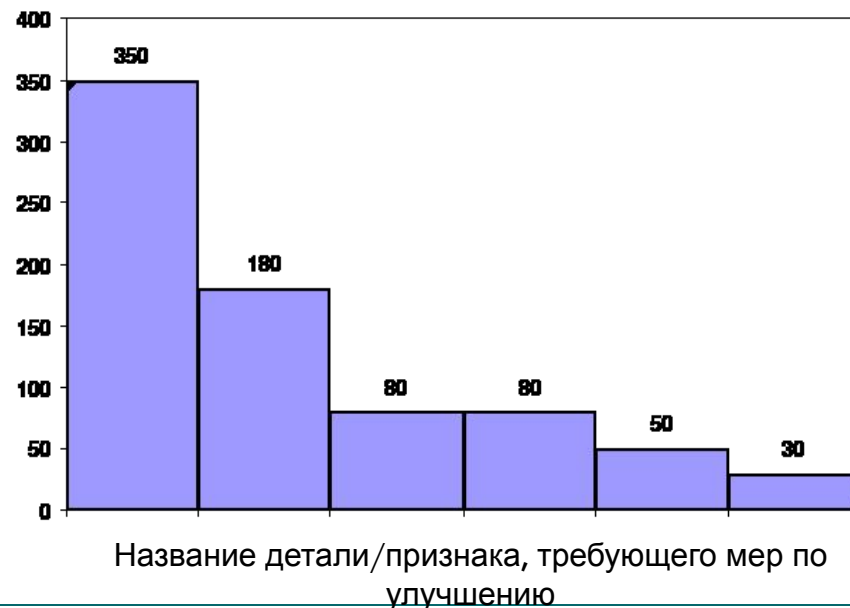
# Специальные характеристики

## Классификация специальных характеристик (рекомендуемая)



# Диаграмма Парето

- ❑ **Диаграмма Парето** – удобный и выгодный инструмент для визуализации результатов FMEA.
- ❑ При таком представлении информации наглядна иерархия срочности принятия мер по улучшению продукта и процесса.



## Действия после проведения оценки

- Задача: снизить риск, связанный с отказом (дефектом).
- Действия: По некоторым рискам разработать мероприятия по снижению риска, то есть постараться снизить ранги.

По каким рискам проводить работу?

## С какими рисками работаем

---

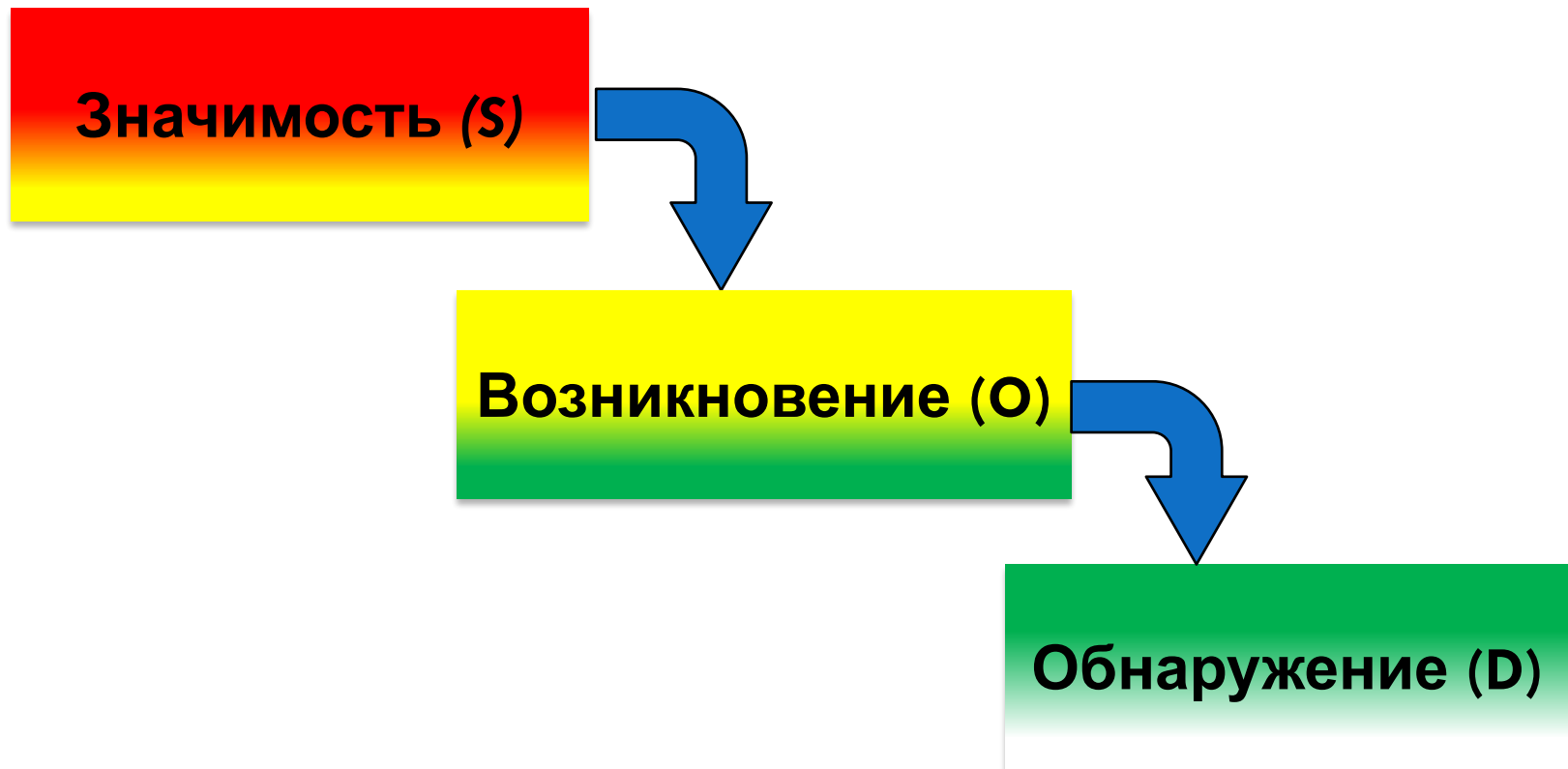
Всегда стараемся уменьшить риски с самым большим значением S (или самое большое  $S \times O$ )

1. Работаем с наибольшими значениями ПЧР
2. Работаем по альтернативной оценке риска.



# Рекомендуемые действия FMEA

Цель каждого рекомендуемого действия – снизить ранги в следующем порядке:



# Рекомендуемые действия FMEA

---

## □ *Снижение ранга значимости (S) :*

**Снижение значимости (S) возможно только изменением конструкции или процесса!**

# Рекомендуемые действия FMEA

---

## ***Снижение ранга возникновения (O) за счет:***

- дефектоустойчивой конструкции для исключения видов отказа;
- пересмотра геометрии и допусков конструкции;
- пересмотра конструкции для снижения нагрузок или замены слабых компонентов (с высокой вероятностью отказа);
- использования системы дублирования;
- пересмотра спецификации материалов.

# Рекомендуемые действия FMEA

---

## ***Снизить ранг обнаружения (D) за счет:***

- Применения дефектоустойчивых решений (Рока-Йоке);
- планирования экспериментов (в частности, когда причин несколько или они взаимодействуют);
- пересмотра плана испытаний/тестирования.

# Заключительная оценка

Изделие/ функция	Вид дефекта	Последстви я дефекта	Б ал л S	Класси фи кац ия	Причин а	Б ал л O	Действую щие меры - по обнаружен ию; - по предотвра щению	Б ал л D	П Ч Р	Рекомендуе мое изменение	Ответственно сть и дата	Результаты работы					
												Предприняты е действия	Новые значения баллов				
													S	O	D	ПЧР	

- Переоценка значений баллов значимости, появления и обнаружения, а также, ПЧР, происходит **после осуществления запланированных мероприятий по снижению риска и их проверки.**

# Пересмотр FMEA-протоколов

---

- FMEA – «живой документ» и требует пересмотра в следующих случаях:
  - при появлении нового несоответствия или при появлении несоответствия из эксплуатации;
  - в рамках плановых мероприятий по повышению качества продукции;
- В рамках ISO/TS 16949:2009 необходимо включать **результаты пересмотра FMEA по несоответствиям, поступившим из эксплуатации в Анализ со стороны руководства (п.5.6.2.1)**

# Альтернативная оценка риска

---

**DFMEA и PFMEA**

# Альтернативная оценка рисков

---

## Альтернатива: *SO* (*SxO*)

- ❑ В ряде случаев можно ориентироваться лишь по показателями значимости и возникновения.
- ❑ Индекс *SO* дает результат только рангов значимости и возникновения. Используя этот индекс, организация может направить свою деятельность на сокращение индекса *SO* посредством снижения значения «*O*» предупреждающими действиями.
- ❑ Кроме того, это может направлять на последующие улучшения для ситуаций с самым высоким значением *SO*.



# Альтернативная оценка рисков

## Альтернатива: SOD, SD

Некоторые организации могут ориентироваться в первую очередь на использовании **SOD** и **SD**.

- **SOD** - неарифметическая комбинация рангов значимости, возникновения и обнаружения.
- **SD** - неарифметическая комбинация рангов значимости и обнаружения.

S	O	D	ПЧР	SOD	SD
7	7	3	147	773	73
7	3	7	147	737	77
3	7	7	147	377	37

**Ваши**

**вопросы?**

**Благодарю за  
внимание!**

