

Анализ видов и последствий потенциальных отказов

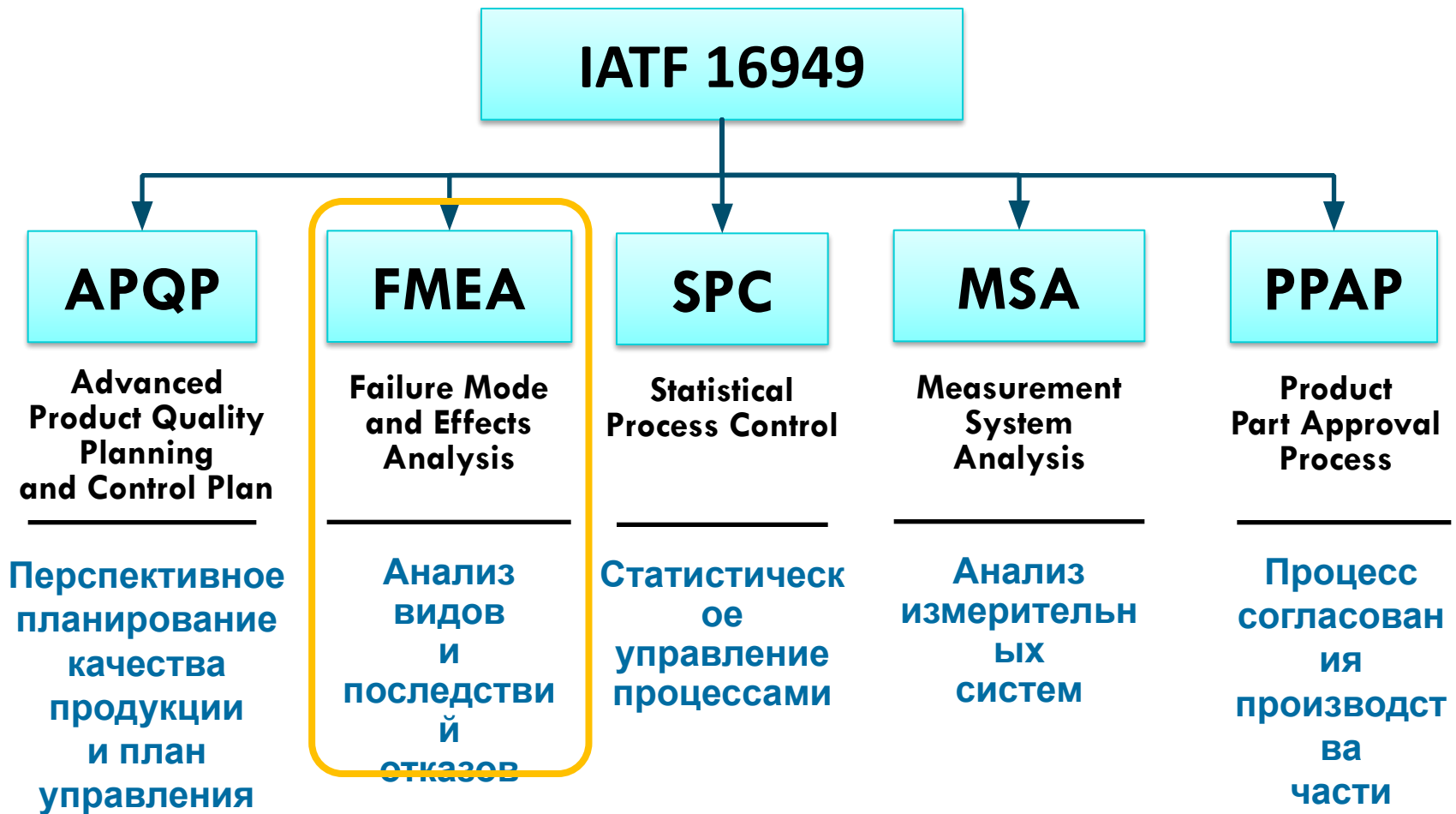


FMEA

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.



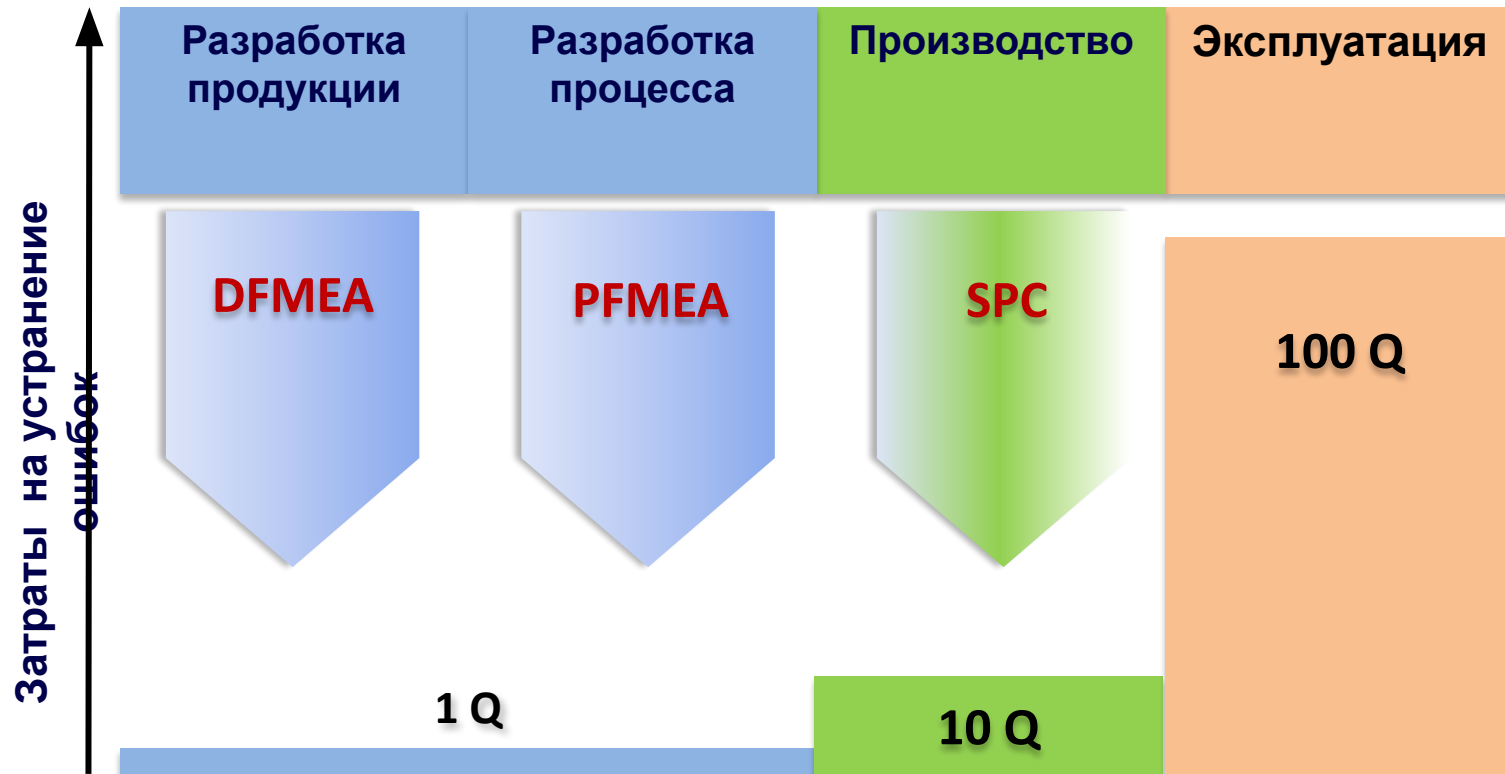
1988 – н.в.



1993 – н.в.

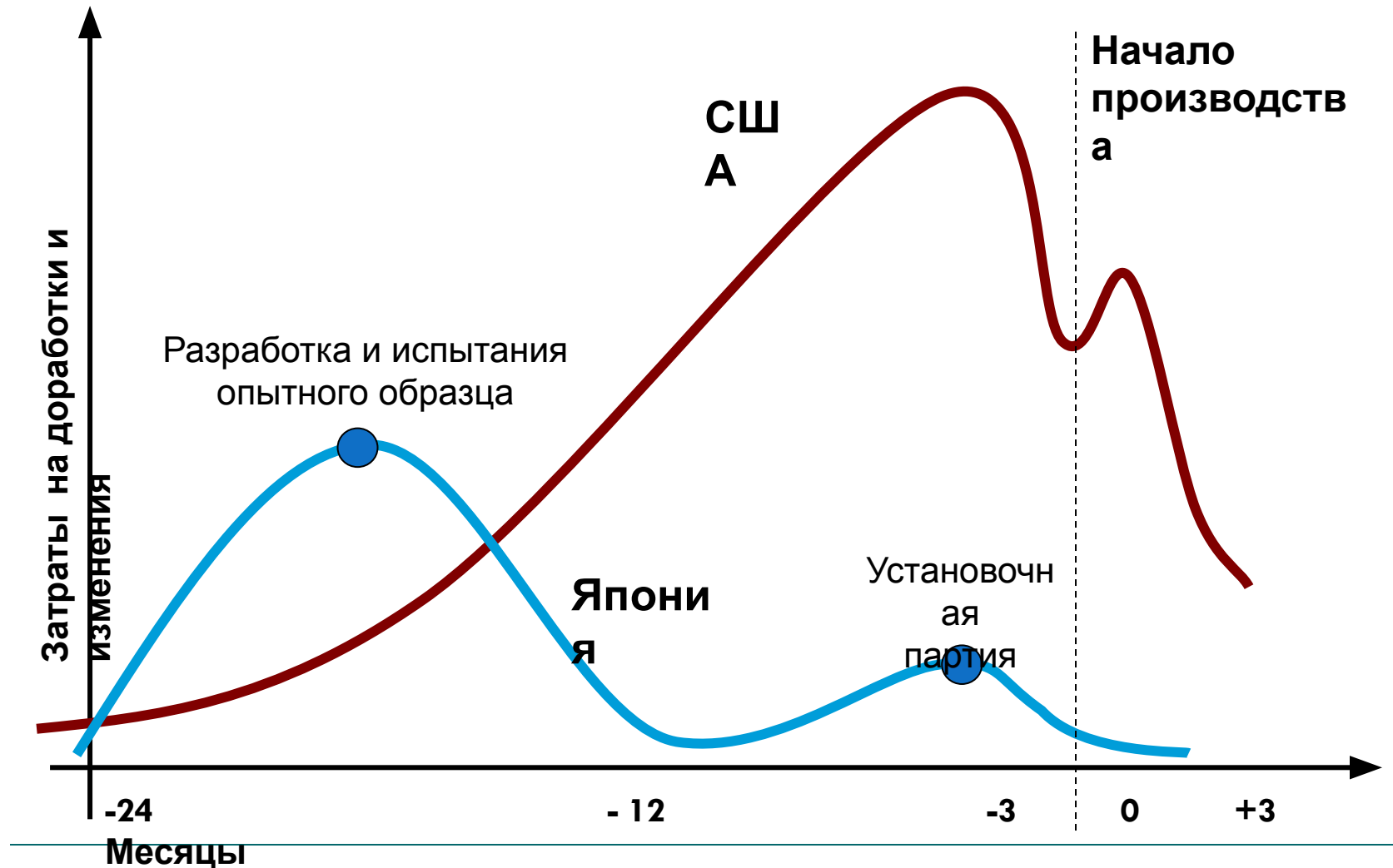


Затраты на устранение ошибок



FMEA должен являться дополнением к процессу проектирования!

Затраты на устранение ошибок

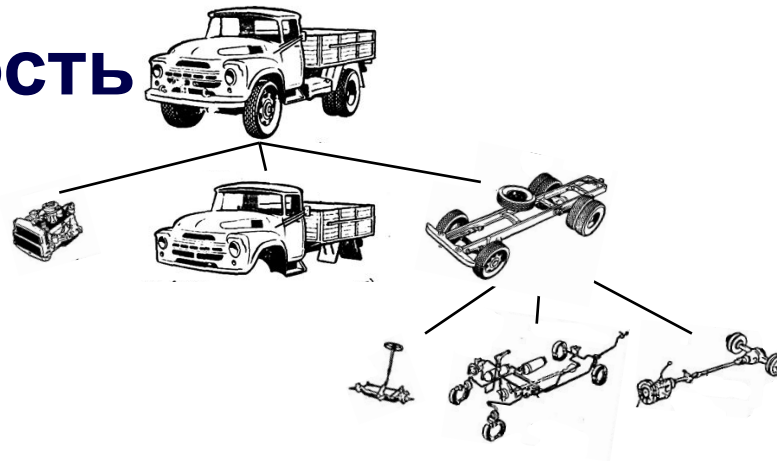


Принципы применения FMEA

- 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 |
|--|---|
| Новая конструкция / технология / процесс | Проведение и завершение конструирования и проектирования технологии или процесса |
| Модернизированная конструкция / процесс | Возможные взаимодействия, вызванные модификацией <i>(включая обязательные регламенты)</i> |
| Изменение производственной среды и условий эксплуатации | 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

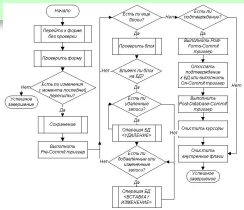
Product — FMEA продукта

Service — FMEA сервисного обслуживания

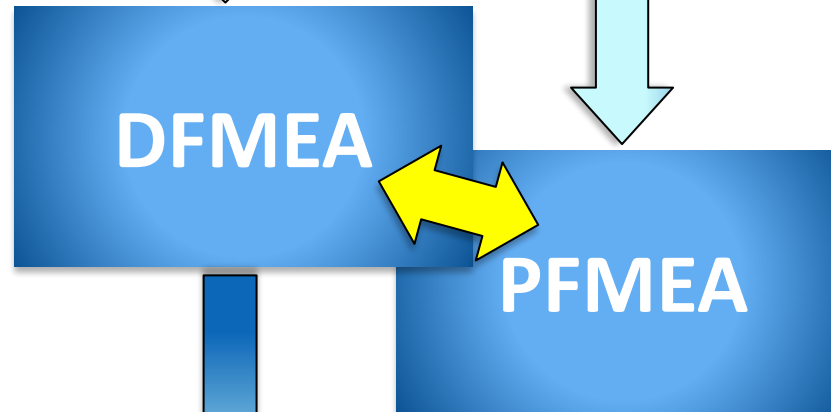
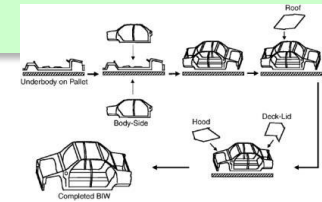
Software — FMEA программного обеспечения

Связь между видами FMEA

Блок-схема,
параметрическая
диаграмма и т.д.



Карта потока
процесса и т.д.



Введения
испытаний
конструкции и т.
д.

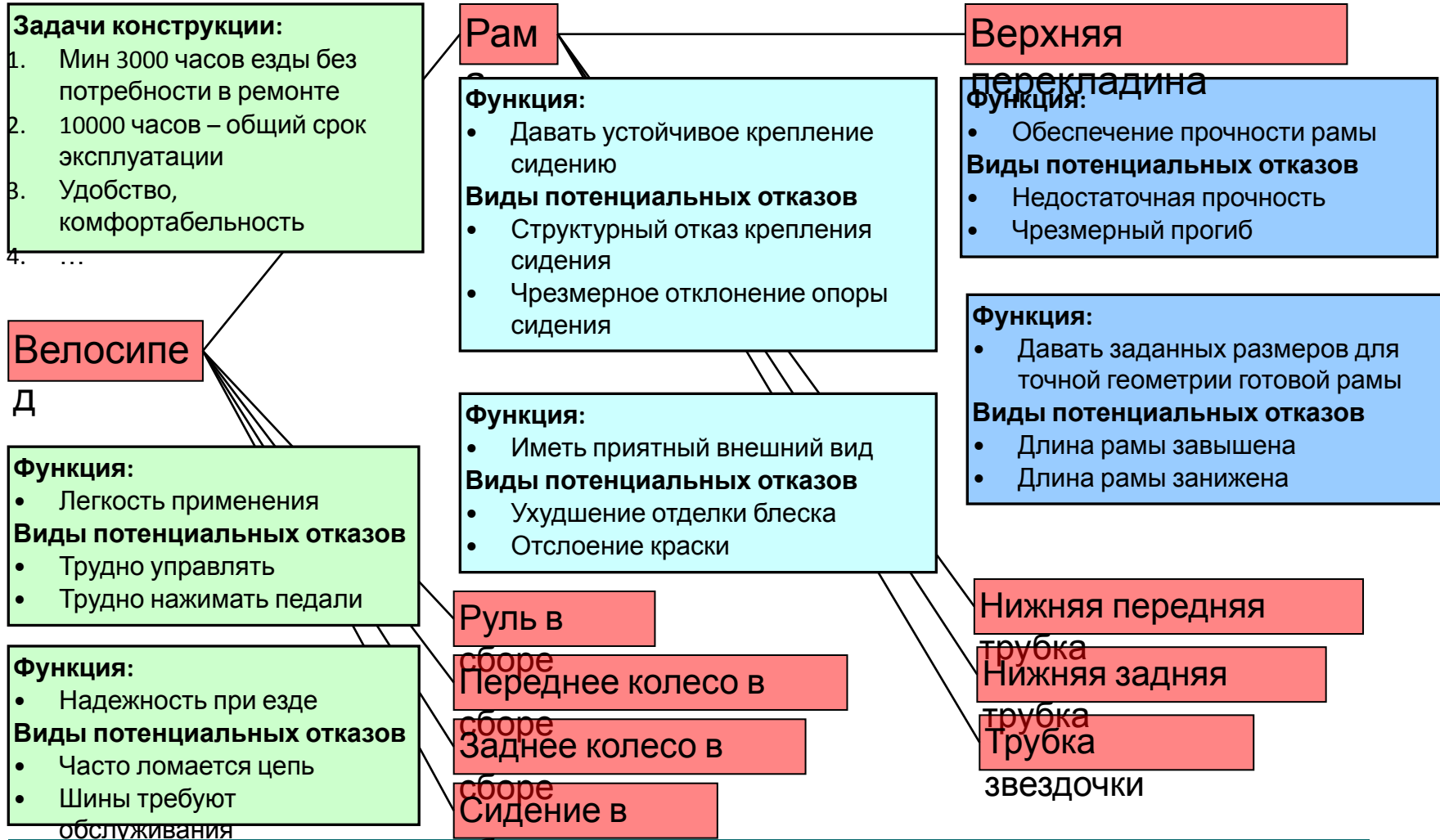
| PROCESS CONTROL PLAN | | | | | | | | | | | |
|----------------------|--------------|----------|---------------|----------------|-------------------|------------------|------------------------|-------------------|----------------|--------------|----------------|
| Part No. | Part Name | Process | Control 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 | None | None |
| 200 | Transmission | Assembly | Final | Visual | 100% | Assembly Line | Operator | None | None | None | None |
| 300 | Chassis | Assembly | Final | Visual | 100% | Assembly Line | Operator | None | None | None | None |
| 400 | Body | Assembly | Final | Visual | 100% | Assembly Line | Operator | None | None | None | None |
| 500 | Paint | Assembly | Final | Visual | 100% | Assembly Line | Operator | None | None | None | None |
| 600 | Wheels | Assembly | Final | Visual | 100% | Assembly Line | Operator | None | None | None | None |
| 700 | Engine | Assembly | Final | Visual | 100% | Assembly Line | Operator | None | None | None | None |
| 800 | Transmission | Assembly | Final | Visual | 100% | Assembly Line | Operator | None | None | None | None |
| 900 | Chassis | Assembly | Final | Visual | 100% | Assembly Line | Operator | None | None | None | None |
| 1000 | Body | Assembly | Final | Visual | 100% | Assembly Line | Operator | None | None | None | None |
| 1100 | Paint | Assembly | Final | Visual | 100% | Assembly Line | Operator | None | None | None | None |
| 1200 | Wheels | Assembly | Final | Visual | 100% | Assembly Line | Operator | None | None | None | None |

План управления
(Control Plan)

Виды FMEA

| | Целевой объект | Основы FMEA | Момент создания | Ответственный за проведение |
|-----------------------------------|---|------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| FMEA системы (SFMEA) | Вышестоящий продукт/система <i>(например, автомобиль)</i> | Концепт продукта | После определения концепта продукта | Отдел разработки (развития продукта) |
| FMEA конструкции и (DFMEA) | Деталь или блок <i>(например, вентиль)</i> | КД | После изготовления КД | Конструкторский отдел |
| FMEA процесса (PFMEA) | 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 конструкции и их причин | Перечень потенциальных отказов процесса |
| 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 для конструкции (уменьшения значений показателей <i>S, O и D</i>) | Перечень рекомендаций по снижению комплексного риска для процесса (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

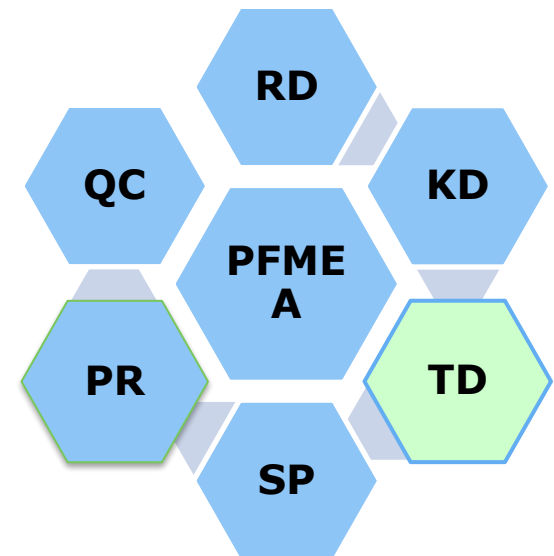
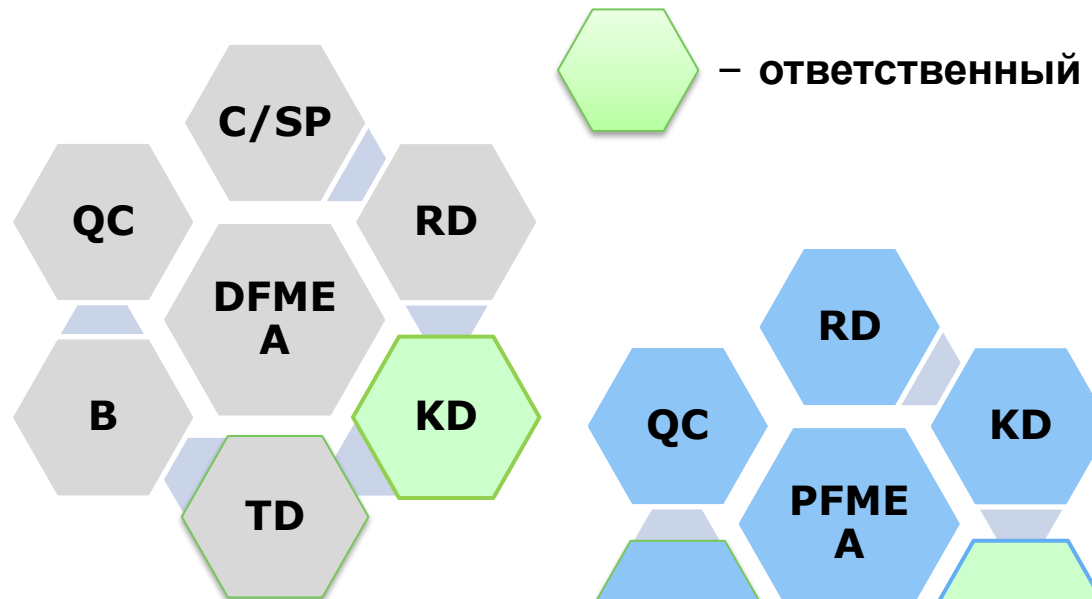
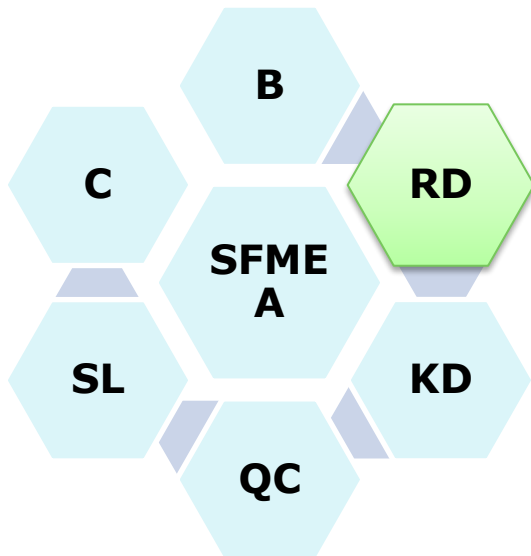
- «конечный потребитель»;
- ответственные за разработку изделия или его сборочных единиц;
- ответственные за производственный процесс.

□ 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

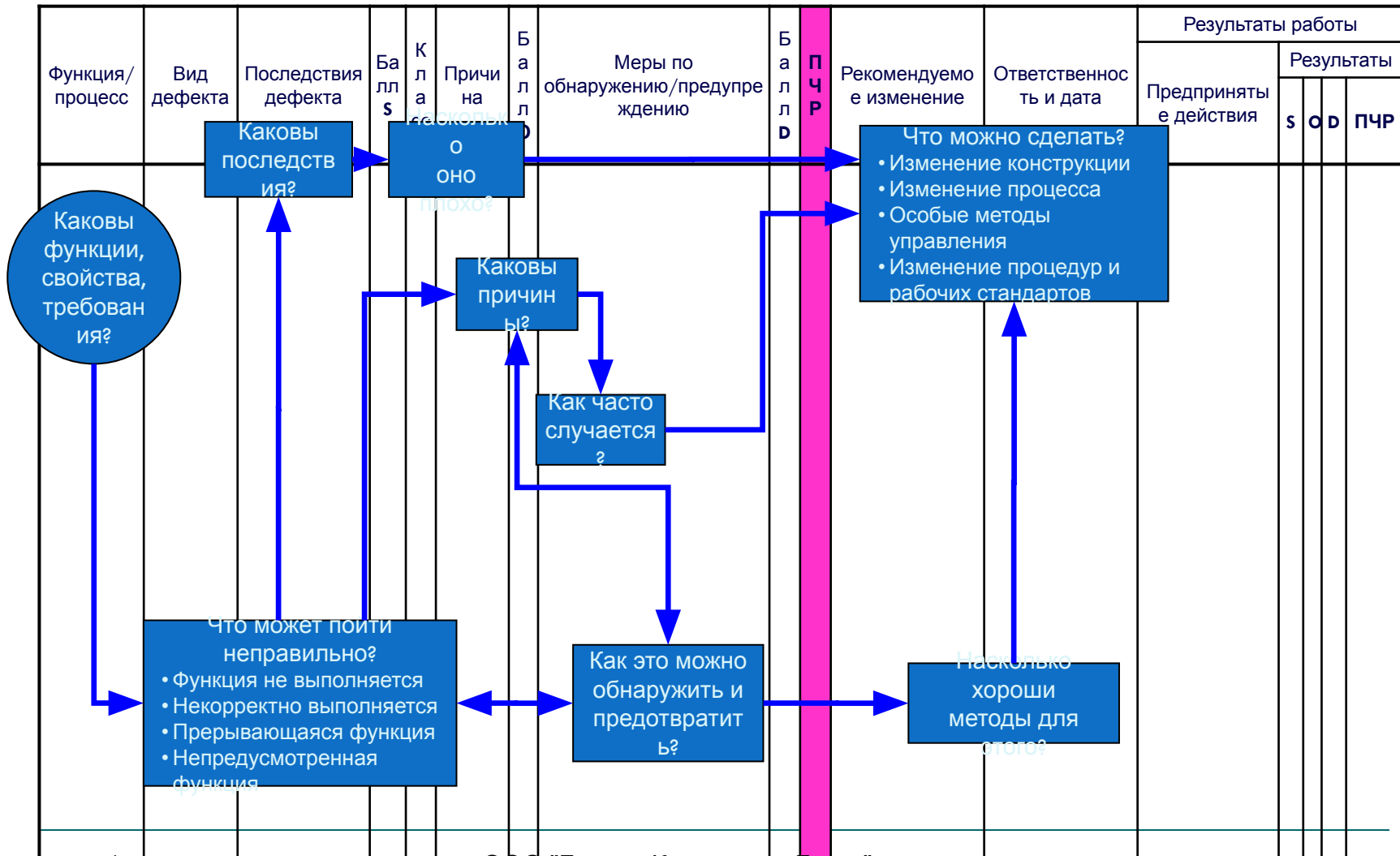
Этапы FMEA

Алгоритм проведения FMEA

Этапы FMEA

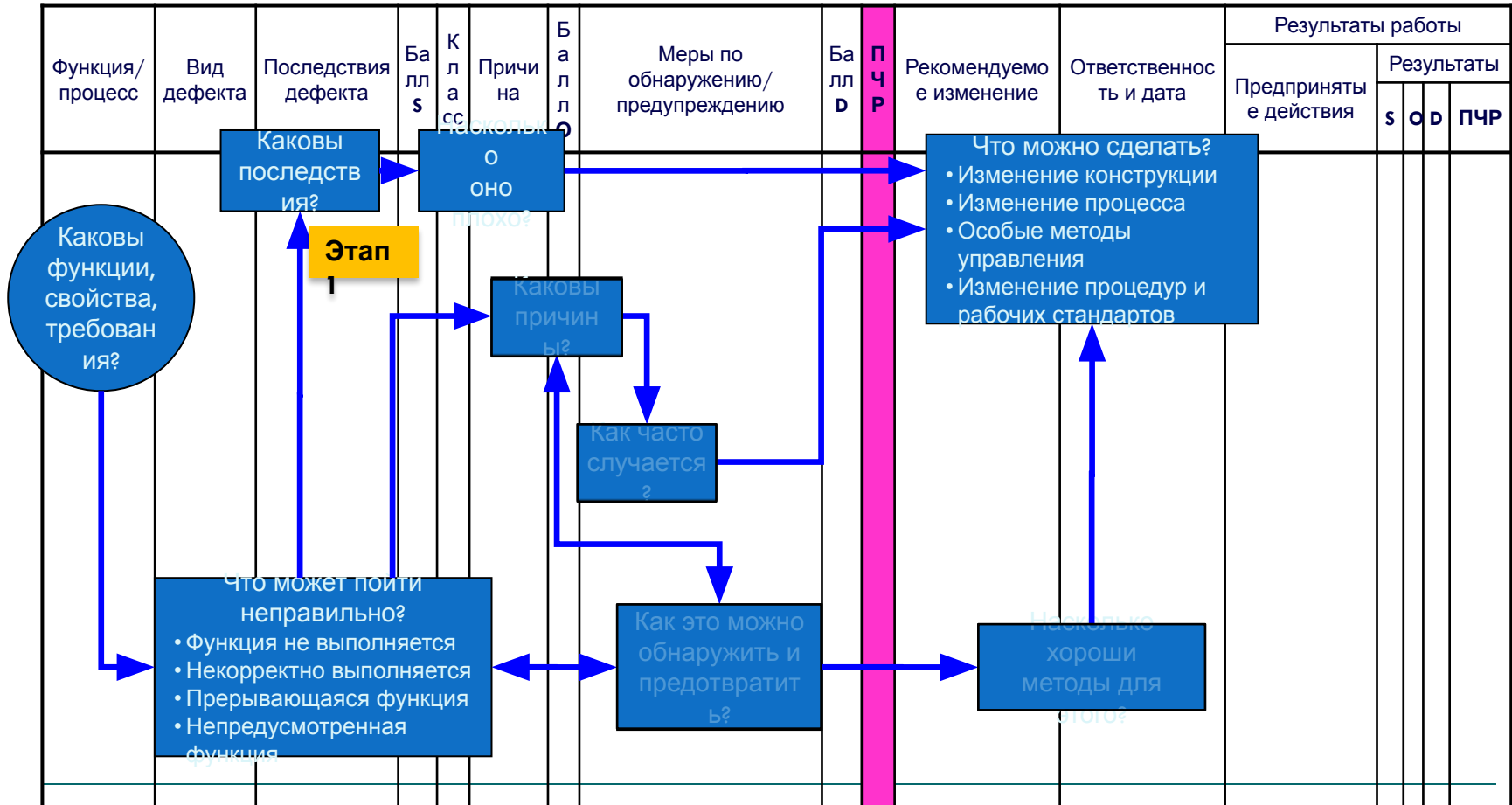
1. Описание функций / стадий производственного процесса.
2. Определение *потенциальных* дефектов.
3. Определение *потенциальных* последствий.
4. Определение значимости последствий (**S**).
5. Определение возможных причин.
6. Описание *действующих* мер по предупреждению.
7. Описание *действующих* мер 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

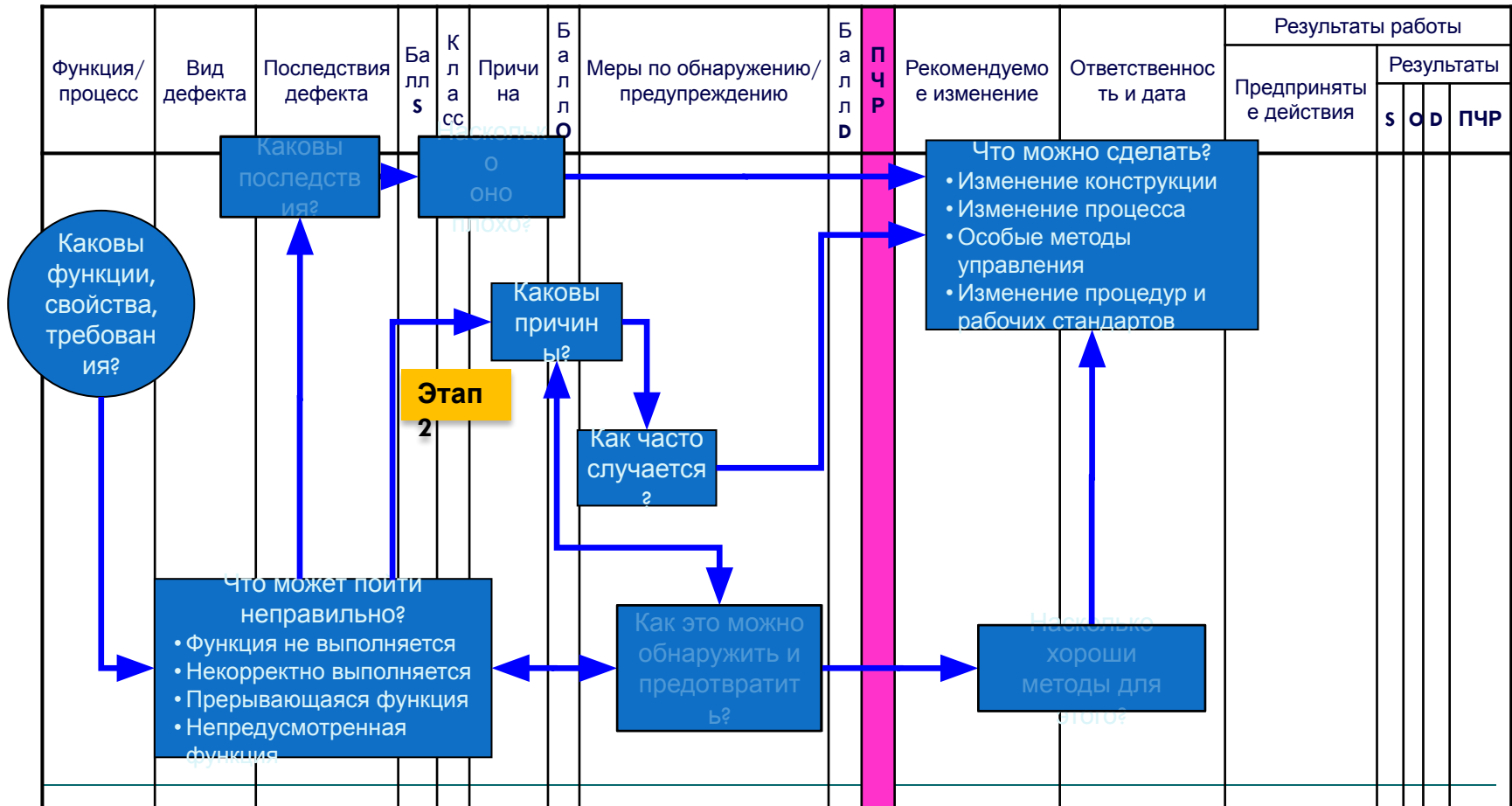
- Определяется значимость S каждого возможного последствия по 10-бальной шкале.
- Выбирается последствие **с наибольшей значимостью**, с которым продолжается работа.
- Отказы с $S = 1$ не рассматриваются, но **обязательно вносятся в протокол FMEA.**

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

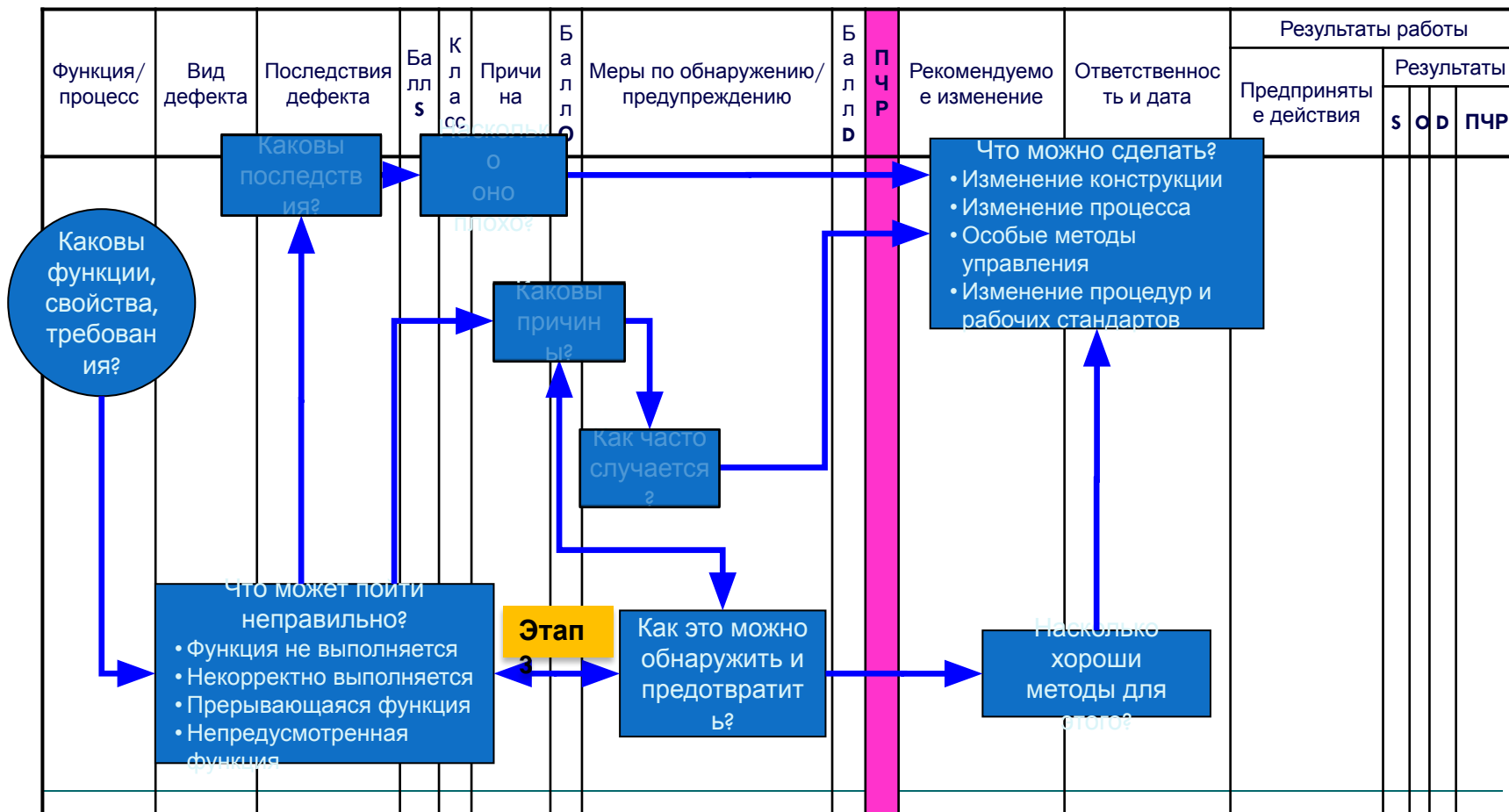
Типовые механизмы отказов

- 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

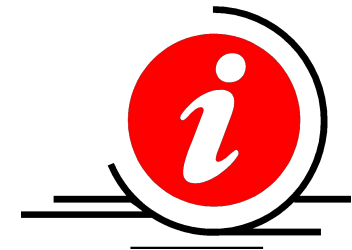
Типовые виды отказов DFMEA

- 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 без предупреждения | 10 |
| | Вид потенциального отказа негативно влияет на безопасную работу ТС и/или влечет несоответствия государственным нормативам с предупреждением | 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 |
|----------------------|--|--|---|-----------|
| Очень высокая | Новая технология/новая конструкция без истории | | 100 на тысячу TC ($\geq 1/10$) | 10 |
| Высокая | Отказ неизбежен | в новой конструкции или при изменении в рабочем цикле/условиях эксплуатации | 50 на тысячу TC (1/20) | 9 |
| | Отказ возможен | | 20 на тысячу TC (1/50) | 8 |
| | Отказ не очевиден | | 10 на тысячу TC (1/100) | 7 |
| Умеренная | Частое возникновение отказов | Отказы связаны с подобными конструкциями или моделированием и тестированием конструкции | 2 на тысячу TC (1/500) | 6 |
| | Умеренное возникновение отказов | | 0,5 на тысячу TC (1/2000) | 5 |
| | Редкое возникновение отказов | | 0,1 на тысячу TC (1/10000) | 4 |
| Низкая | Очень редкое возникновение отказов | Отказы связаны с близким аналогом конструкции или в моделировании и тестировании конструкции | 0,01 на тысячу TC (1/100000) | 3 |
| | Отказы практически не проявляются | | $\leq 0,001$ на тысячу TC (1/1000000) | 2 |
| Малая | Отказ исключен посредством предупреждающих мер | | Отказ исключен | 1 |

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 FMEA

- 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 заниматься **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 входящие
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 без предупреждения | 10 |
| | Вид потенциального отказа негативно влияет на безопасную работу ТС и/или влечет несоответствия государственным нормативам с предупреждением | 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 без предупреждения | 10 |
| | Может подвергнуться опасности оператора станка или на сборке с предупреждением | 9 |
| Крупный ущерб | Может браковаться до 100 % продукции. Остановка линии или отгрузки | 8 |
| Значительный ущерб | Может браковаться часть 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 |
|----------------------|--|--------|
| Очень высокая | 100 на тысячу ТС ($\geq 1/10$) | 10 |
| | 50 на тысячу ТС ($1/20$) | 9 |
| Высокая | 20 на тысячу ТС ($1/50$) | 8 |
| | 10 на тысячу ТС ($1/100$) | 7 |
| Умеренная | 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 |
| Низкая | 0,01 на тысячу ТС ($1/100\ 000$) | 3 |
| | $\leq 0,001$ на тысячу ТС ($1/1\ 000\ 000$) | 2 |
| Очень низкая | 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

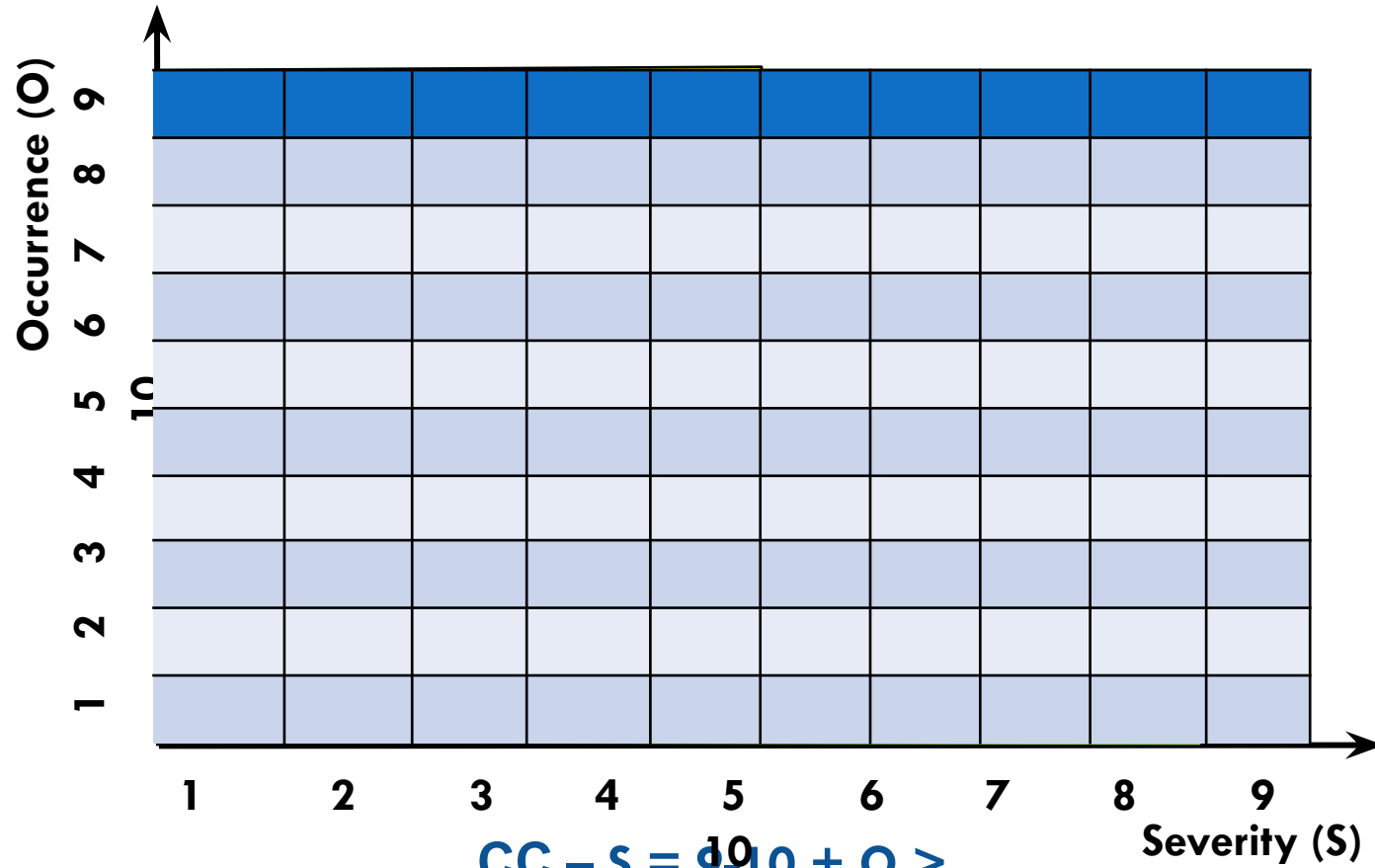
Использование граничного **ПЧР не рекомендуется!**

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)

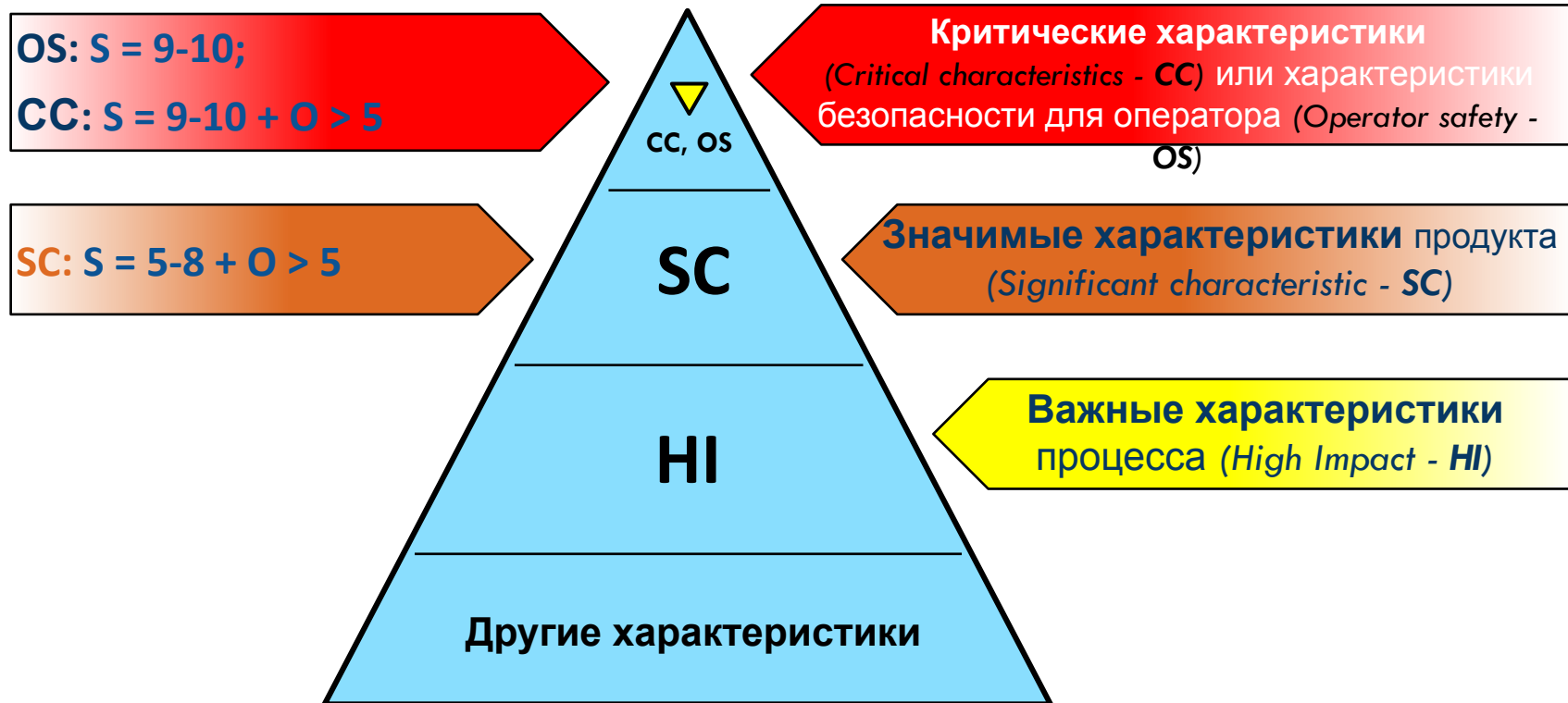
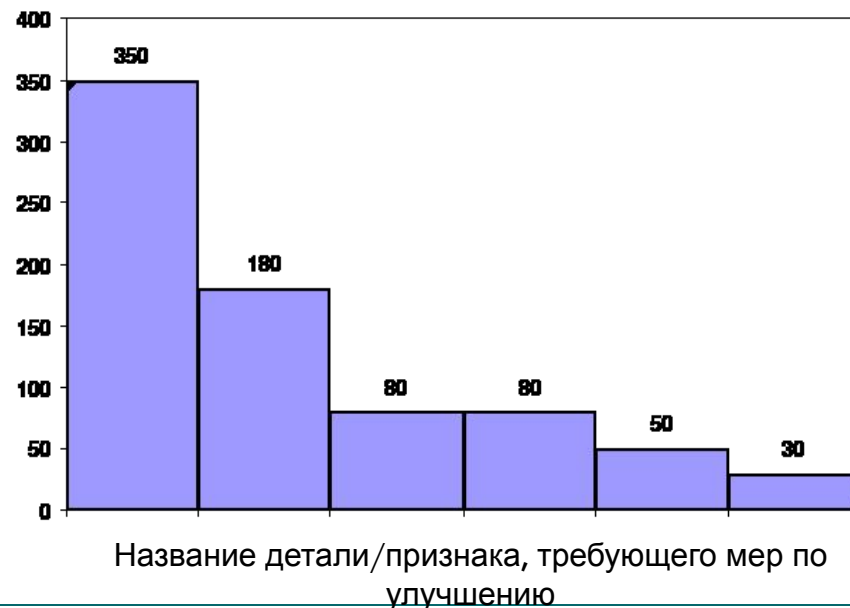


Диаграмма Парето

- ❑ **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?

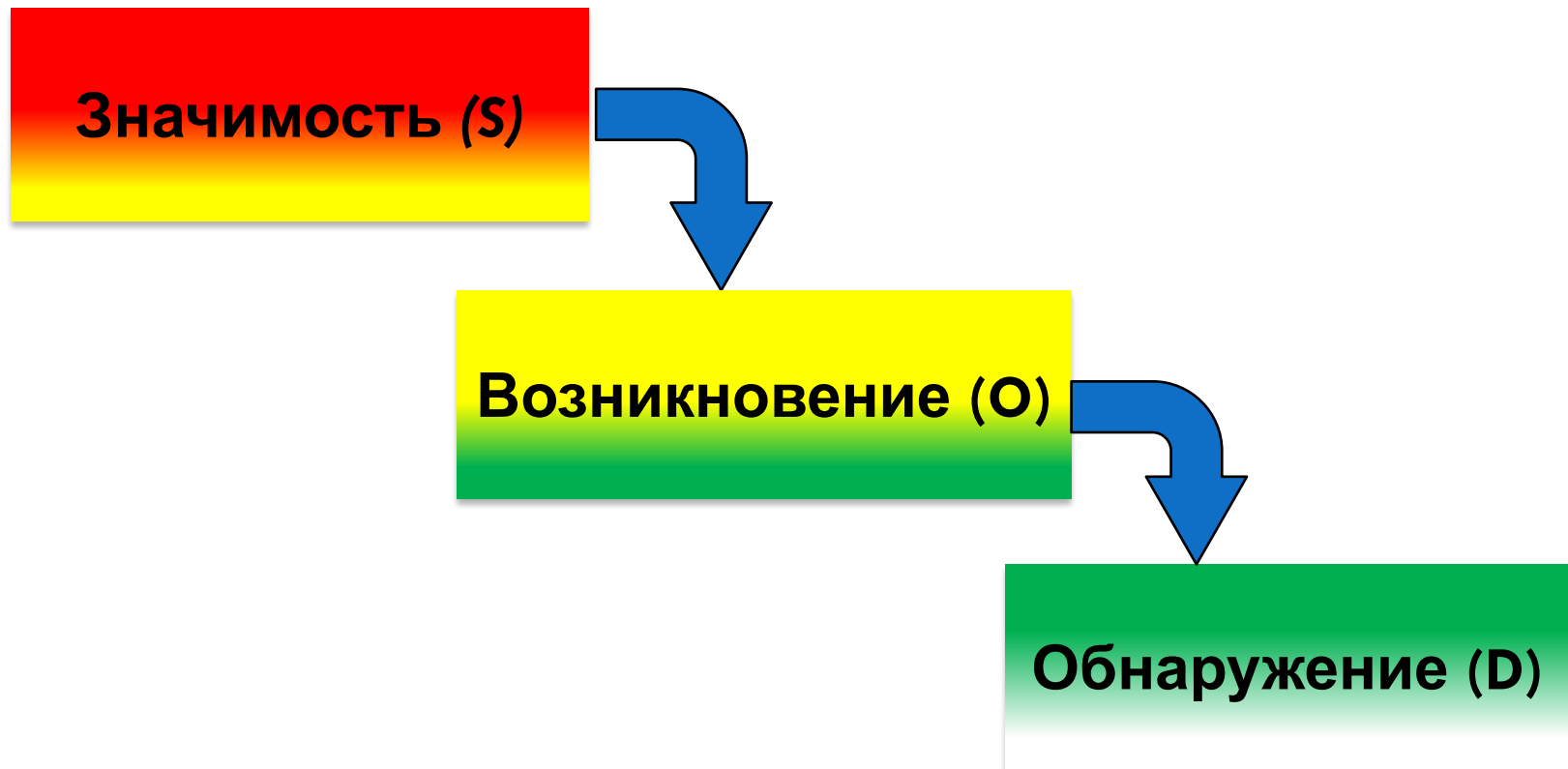
С какими рисками работаем

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 | Кла сси фи ка ция | 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!**

