

**FMEA-анализ.
Анализ видов и
последствий
потенциальных отказов.**

Соотношение затрат на устранение дефектов

Правило 10-ти раз А.Фейгенбаума : затраты на исправление дефекта удесятятся на каждом следующем этапе жизненного цикла продукции.

1 : 10 : 100 : 1000

1000 д.е. – необходимые затраты при эксплуатации

100 д.е. – необходимые затраты при изготовлении

10 д.е. – необходимые затраты при подготовке производства

1 д.е. – необходимые затраты при проектировании

Что такое FMEA?

Саму процедуру FMEA можно описать как систематизированный комплекс действий для:

1. Распознавания и оценки потенциальных отказов продукции / процессов и их последствий;
2. Определения действий, которые могли бы устранить или снизить шансы возникновения потенциальных отказов;
3. Документирования этого процесса

Это дополнение к процессу проектирования для принятия правильного решения: что в конструкции или процессе следует сделать для удовлетворения потребителя.

Принципы проведения FMEA-анализа

Командная работа. Реализация метода FMEA осуществляется силами специально подобранной межфункциональной команды экспертов.

Иерархичность. Для сложных технических объектов или процессов их изготовления анализу подвергается как объект или процесс в целом, так и их составляющие; дефекты составляющих рассматриваются по их влиянию на объект (или процесс), в который они входят.

Итеративность. Анализ повторяют при любых изменениях объекта или требований к нему, которые могут привести к изменению комплексного риска дефекта.

Регистрация результатов проведения FMEA. В соответствующих отчетных документах должны быть зафиксированы результаты проведенного анализа и решения о необходимых изменениях и действиях.

Задачи FMEA-анализа

- составить перечень всех потенциально возможных видов дефектов технического объекта или процесса его производства,
- определить возможные неблагоприятные последствия от каждого потенциального дефекта, провести качественный анализ тяжести последствий и количественную оценку их значимости;
- определить причины каждого потенциального дефекта и оценивать частоту возникновения каждой причины;
- оценить достаточность предусмотренных в технологическом цикле операций, направленных на предупреждение дефектов в эксплуатации, и достаточность методов предотвращения дефектов при техническом обслуживании и ремонте
- количественно оценить возможность предотвращения дефекта путем предусмотренных операций по обнаружению причин дефектов на стадии изготовления объекта и признаков дефектов на стадии эксплуатации объекта;
- количественно оценить критичность каждого дефекта (ПЧР).

Типы FMEA-анализа

FMEA разделяют на:

FMEA-конструкции (DFMEA) - это аналитическая методика, используемая командой, ответственной за разработку для обеспечения и предотвращения потенциальных отказов в конструкции.

FMEA-процесса (PFMEA) - это аналитическая методика, используемая командой, ответственной за производство/сборку для обеспечения и предотвращения потенциальных отказов.

FMEA – команда

(требования: неизменный состав на протяжении всего проекта, наличие практического опыта;
количество участников: от 4 до 8 человек)

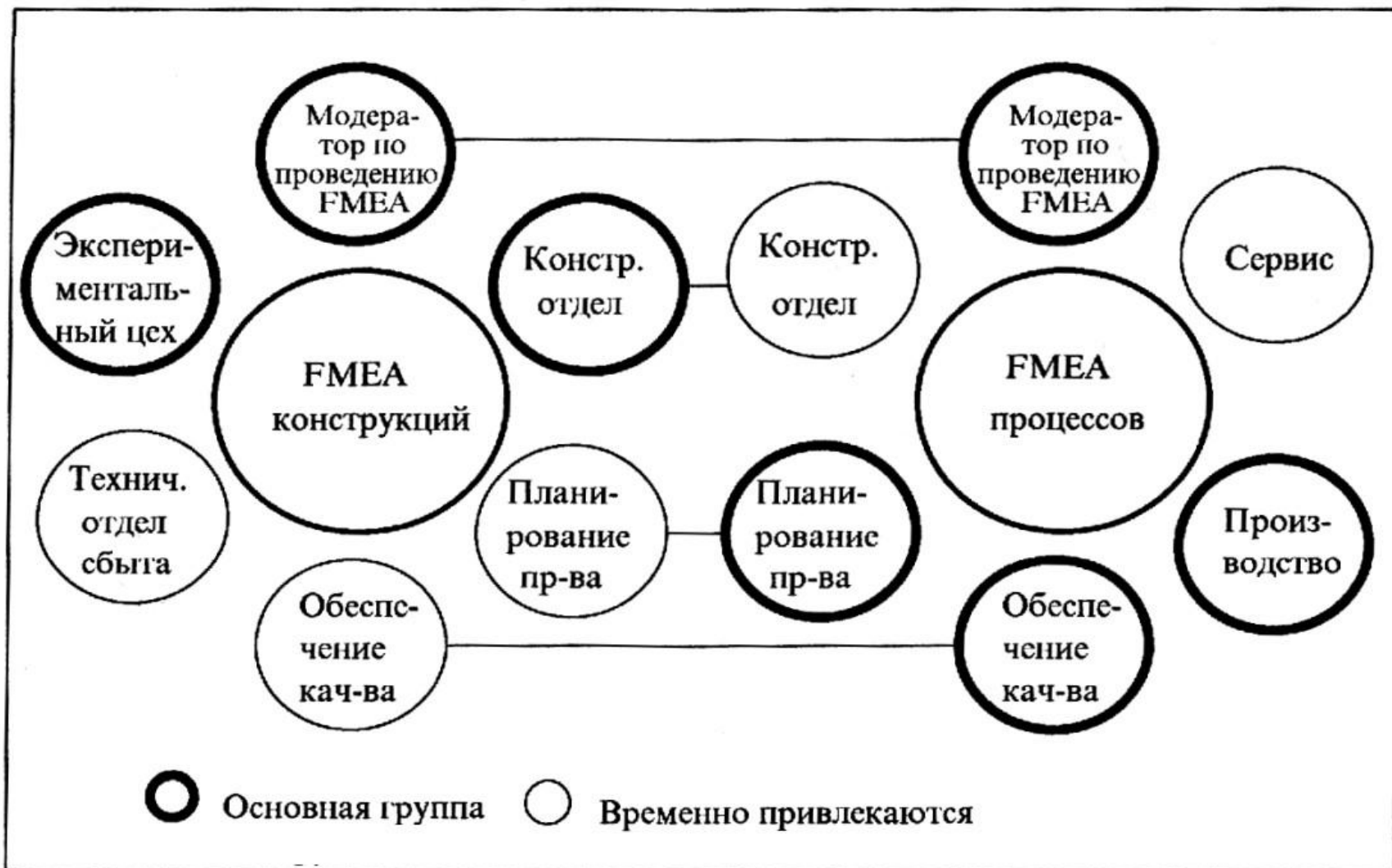
DFMEA-команда должна знать:

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

PFMEA-команда должна знать :

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

Группа по проведению FMEA



Последовательность проведения FMEA

Подсистема Требования функции	Вид потенциального отказа	Последствие потенциального отказа	Значим	Причина (-ы)/ механизм (-ы) потенциального отказа	Существующие меры управления		Обнаруж	ПЧР	Рекомендуемое действие (-я)	Ответственность и намеченная дата завершения	Результаты действий				
					Предотвращение	Обнаружение					Предпринятые действия	Значим	Возм	Обнаруж	ПЧР
		Какое последствие (-я)?		Насколько оно плохо?					Что можно сделать? - изменение конструкции - изменение процесса - особый контроль - изменение стандартов, процедур или руководств						
	Каковы функции, свойства или требования?	Что может пойти неправильно? - нет функции - частично ухудшенная функция - прерывающаяся функция - непредусмотренная функция		Каковы причины?		Как часто случается?									
						Как это можно предотвратить и обнаружить?									
									Насколько хороши методы для этого?						

Приоритетное число риска

$$\text{ПЧР} = (\text{S}) \times (\text{D}) \times (\text{O})$$

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

Возникновение (O) — степень возможности возникновения конкретных причин / механизмов.

Обнаружение (D) — это оценка способности предложенных управляющих действий обнаруживать потенциальные причину/механизм (недостаток конструкции) или обнаруживать следующий вид отказа до того, как компонент, подсистема или система запущены в производство

Управление качеством

Критерии значимости (S)

Последствие	Критерий значимости последствия	Ранг
Опасное без предупреждения	Очень высокий ранг значимости, когда вид потенциального отказа ухудшает безопасность работы транспортного средства и/или вызывает несоответствие государственным нормам без предупреждения	10
Опасное с предупреждением	Весьма высокий ранг значимости, когда вид потенциального отказа ухудшает безопасность работы транспортного средства или вызывает несоответствие правительственным нормам с предупреждением	9
Очень важное	Транспортное средство/узел неработоспособно с потерей основной функции	8
Важное	Транспортное средство/узел работоспособно, но снижен уровень эффективности. Потребитель неудовлетворен	7
Умеренное	Транспортное средство/узел работоспособно, но системы комфорта/удобства неработоспособны. Потребитель испытывает дискомфорт	6
Слабое	Транспортное средство/узел работоспособно, но система (-ы) комфорта/удобства работают малоэффективно. Потребитель испытывает некоторое неудовлетворение	5
Очень слабое	Отделка и шумность изделия не соответствуют. Дефект замечает большинство потребителей	4
Незначительное	Отделка/шумность изделия не соответствуют. Дефект замечает средний потребитель.	3
Очень незначительное	Отделка/шумность изделия не соответствуют. Дефект замечают придирчивые потребители	2
Отсутствует	Нет последствия	1

Критерии возможности возникновения (О)

Вероятность отказа	Возможные частоты отказов	Ранг
Очень высокая: отказ почти неизбежен	x 100 на тысячу транспортных средств	10
	50 на тысячу транспортных средств	9
Высокая: повторяющиеся отказы	20 на тысячу транспортных средств	8
	10 на тысячу транспортных средств	7
Умеренная: случайные отказы	5 на тысячу транспортных средств	6
	2 на тысячу транспортных средств	5
	1 на тысячу транспортных средств	4
Низкая: относительно мало отказов	0,5 на тысячу транспортных средств	3
	0,1 на тысячу транспортных средств	2
Малая: отказ маловероятен	x 0,01 на тысячу транспортных средств	1

Критерии оценки обнаружения (D)

Обнаружение	Критерии: правдоподобность обнаружения при проектируемом контроле	Ранг
Абсолютная неопределенность	Проектируемый контроль не обнаружит и/или не может обнаружить потенциальные причину/механизм и последующий вид отказа или вообще нет проектируемого контроля	10
Очень плохое	Очень плохие шансы обнаружения потенциальных причины/ механизма и последующего вида отказа при проектируемом контроле	9
Плохое	Плохие шансы обнаружения потенциальных причины/механизма и последующего вида отказа при проектируемом контроле	8
Очень слабое	Очень ограниченные шансы обнаружения потенциальных причины/механизма и последующего вида отказа при проектируемом контроле	7
Слабое	Ограниченные шансы обнаружения потенциальных причины/ механизма и последующего вида отказа при проектируемом контроле	6
Умеренное	Умеренные шансы обнаружения потенциальных причины/ механизма и последующего вида отказа при проектируемом контроле	5
Умеренно хорошее	Умеренно высокие шансы обнаружения потенциальных причины/ механизма и последующего вида отказа при проектируемом контроле	4
Хорошее	Высокие шансы	3
Очень хорошее	Очень высокие шансы	2
Почти наверняка	Проектируемые действия [контроль] почти наверняка обнаруживают потенциальную причину и последующий вид отказа	1

Интерпретация значений ПЧР

Для дефектов, имеющих несколько причин, определяют соответственно несколько ПЧР.

Каждое ПЧР может иметь значения от 1 до 1000.

Для приоритетного числа риска должна быть заранее установлена критическая граница (ПЧР*) в пределах от 100 до 125. По усмотрению службы маркетинга и других служб предприятия для некоторых возможных дефектов значение ПЧР может быть установлено менее 100.

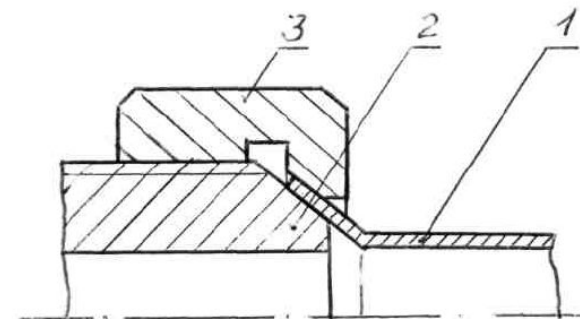
Снижение ПЧР соответствует созданию более высококачественных и надежных объектов и процессов.

Пример FMEA-конструкции

Объект: гидравлическое устройство (рисунок, где 1 - медная трубка, 2 - штуцер. 3 накидная гайка).

Цель: провести анализ герметичности места соединения медной трубки со штуцером.

Потенциальный дефект: течь масла.



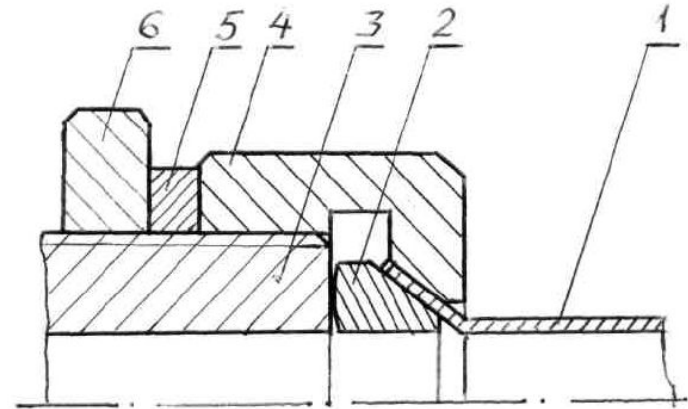
FMEA-анализ конструкции узла

Вид потенциального дефекта	Последствия потенциального дефекта	S	Потенциальная причина	O	Методы обнаружения дефекта	D	ПЧР
Течь В соединении	1. Загрязнение окружающей среды	10	1. Разрушение седла соединения	8	1. Визуально	9	720
	2. Агрегат не развивает нужное давление	8	2. Отклонение геометрии поверхностей	7	2. Требуются специальные измерители	6	335
	3. Повышается трудоемкость обслуживания	5	3. Затруднен доступ к накидной гайке	6	3. Силу затяжки - специальным ключом	6	180

Пример FMEA-конструкции

Вывод исходных ПЧР: требуется проведение предупреждающих действий.

Предупреждающие действия: изменить конструкцию соединения (рисунок, где 1 - медная развальцованная трубка; 2 - медная шайба; 3 - штуцер; 4 - накидная гайка; 5 - уплотнительная медная шайба; 6 - контргайка).



Результат: соединение стало более надежным; облегчен доступ для монтажа и ремонта; стоимость новой конструкции несколько больше первоначальной, но это окупается снижением времени на ремонтные и обслуживающие работы. ПЧР для этого предполагаемого дефекта стало 72, т.е. укладывается в нормативное значение.

Определение ПЧР для новой конструкции

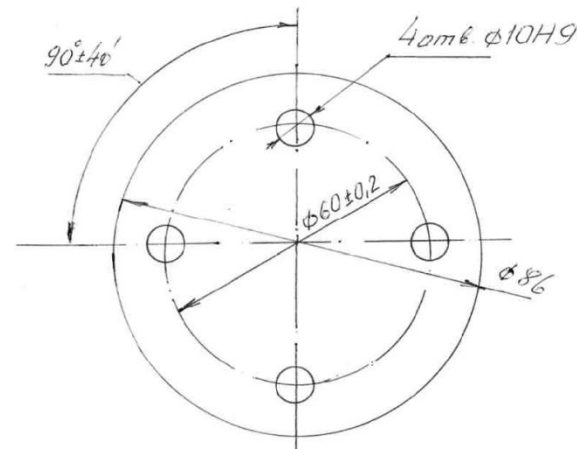
Вид потенциального дефекта	Последствия потенциального дефекта	S	Потенциальная причина	O	Методы обнаружения дефекта	D	ПЧР
Течь В соединении	1. Загрязнение окружающей среды	10	1. Недостаточный отжиг медных шайб	2	1. Твердомер, выборочно	2	40
	2. Агрегат не развивает нужное давление	8	2. Отклонение геометрии поверхностей	3	2. Шаблон	3	72
	3. Повышается трудоемкость обслуживания	5	3. Недостаточный момент затяжки	2	3. Динамометрический ключ	2	30

Пример FMEA-процесса

Объект: техпроцесс сверления отверстий фланца.

Цель: провести анализ стыковки фланцев.

Потенциальный дефект: неточное совпадение осей отверстий под болты стыкуемых фланцев.



FMEA технологического процесса

Вид потенциального дефекта	Последствия потенциального дефекта	S	Потенциальная причина	O	Методы обнаружения дефекта	D	ПЧР
Неточное совпадение отверстий под болты у сопрягаемых фланцев	1. Деформация и перекося болтов при соединении	6	1. Сдвиг шаблона	6	1. При сборке	8	288
	2. Один болт не входит в отверстие	7	2. Неточность сверления	8	2. Специальный калибр	7	392

Пример FMEA-процесса

Вывод исходных ПЧР: требуется проведение предупреждающих действий.

Предупреждающие действия: изменить технологию сверления отверстий: применить поворотный столик с точностью углового позиционирования 30' и кондукторную втулку, направляющую сверло, чтобы не было уводов оси сверления.

Вид потенциального дефекта	Последствия потенциального дефекта	S	Потенциальная причина	O	Методы обнаружения дефекта	D	ПЧР
Неточное совпадение отверстий под болты	1. Деформация и перекос болтов при соединении	6	1. Смещение оси отверстия	2	1. При сборке	2	24
	2. Один болт не входит в отверстие	7	2. Неточность сверления	2	2. Специальный калибр, выборочно	6	84

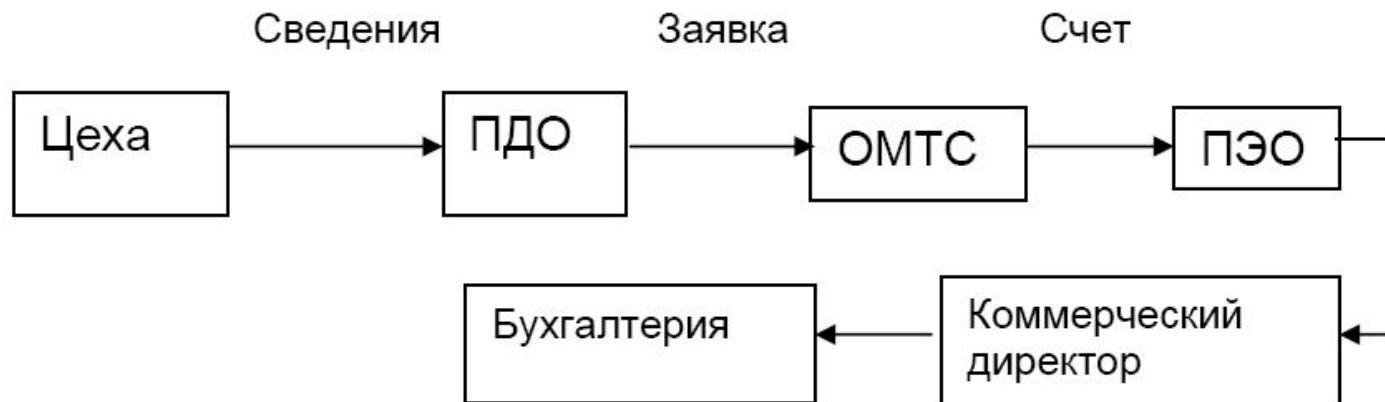
Результат: новый технологический процесс обеспечивает более высокую надежность сборки фланцев.

Пример FMEA-процесса

Объект: процесс «Закупки».

Цель: провести анализ потенциальных несоответствий в процессе.

Схема взаимодействия участников процесса «Закупки»



ПДО - производственно-диспетчерский отдел

ОМТС - отдел материально-технического снабжения

ПЭО - планово-экономический отдел

Анализ возможных опасностей в результате потенциальных нарушений операций

- При анализе информации: сроки подачи информации в ПДО, степень полноты поступившей информации (количественный остаток материальных ресурсов и сроки поставки).
- При составлении заявки и передаче ее в ОМТС : наличие в графе «желательный срок поставки» каких-либо записей, наличие в заявке всех заполненных обязательных разделов, соблюдение формы заявки, указанной в СТП.
- При согласовании заявки и передаче ее в ПЭО: назначение ответственного лица за осуществление закупки конкретного вида продукции, наличие поставщика в реестре одобренных поставщиков (либо проведение его оценки).
- При передаче счета из ПЭО коммерческому директору: анализ условия закупок (договора на поставку) на предмет соответствия цены продукции установленной плановой цене, анализ условий оплаты.

Анализ возможных опасностей в результате потенциальных нарушений операций

- При передаче счета директору по производству: наличие подписи на счете, подтверждающей анализ со стороны сотрудника ПЭО и коммерческого директора, анализ условий поставки на предмет удовлетворенности сроками поставки продукции и исходя из необходимых сроков производства.
- При передаче счета в бухгалтерию: наличие подписи директора по производству или генерального директора, подтверждающих анализ сроков поставки.
- После оплаты счета при получении продукции ответственный за покупку должен иметь доверенность на получение продукции и документ, подтверждающий оплату счета.
- При получении продукции поставщик должен предъявить накладную, счет-фактуру и другие документы, подтверждающие качество материальных ресурсов.

В соответствии с ГОСТ Р 51814.2 – 2001 таблица значений S для конкретного предприятия должна быть пересмотрена в соответствии со спецификой предприятия и конкретными последствиями дефектов.

Анализ возможных опасностей в результате потенциальных нарушений операций

Операции	Описание опасной ситуации	Причина нарушения операции	Последствия
1. Определение потребности в материальных ресурсах	Нарушение сроков подачи заявки от подразделений (5 дней после окончания месяца)	Человеческий фактор	Неверная информация в заявке или смещение сроков подачи заявки
2. Оформление заявки	Неправильно оформлена заявка (срок закупок ограничен, но он не указан в заявке)	Человеческий фактор	Срыв сроков поставки МР
3. Назначение ответственного лица. Выбор поставщика	Не назначено ответственное лицо. Поставщик выбран неправильно	Нехватка сотрудников. Не проведен анализ поставщика	Срыв сроков поставки. Дополнительные расходы.
4. Анализ условий закупок по цене и условий оплаты	Высокая цена (намного выше запланированной). Отсутствие возможности выполнить условия оплаты	Не проведен анализ поставщика	Срыв сроков поставки. Дополнительные расходы.
5. Анализ условий закупок по срокам поставки	Сроки поставки не удовлетворяют срокам, указанным в заявке	Не проведен анализ поставщика	Срыв сроков поставки
6. Оплата счета бухгалтерией	Счет не оплачен. Доверенность и копия платежного поручения не переданы ответственному лицу.	Отсутствуют визы на счете ПЭО и директора по производству. Человеческий фактор	Срыв сроков поставки
7. Доставка материальных ресурсов	Отсутствие возможности доставит МР на склад. Отсутствие сопроводительных документов	Отсутствие или занятость автотранспорта на предприятии. Человеческий фактор	Срыв сроков поставки

Шкала оценки для приоритетного числа риска

Характеристика частоты нарушения операции

Характеристика вероятности выявления нарушения операции

Частота событий	Балл B_1
Очень низкая	1
Низкая	2 – 5
Средняя	6
Высокая	7 – 8
Очень высокая	9 – 10

Характеристика вероятности	Балл B_2
Очень вероятная, так как это событие легко идентифицируется	1 – 2
Высокая, идентификация события простая	3 – 4
Средняя, событие сложно идентифицировать	5 – 6
Низкая	7 – 8
Очень низкая, это событие нельзя идентифицировать	9 – 10

Последствия нарушения операции	Балл B_3
Незначительные. Нарушения операции легко устраняются	1 – 4
Значительные. Нарушение операции приводит к простоям и нарушает процесс	5
Критические. Нарушение операции приводит к остановке процесса	6 – 10

Анализ возможных опасностей в результате потенциальных нарушений операций

Номер операции	Наличие средств обнаружения	B_1	B_2	B_3	ПЧР
1	есть	3	3	5	45
2	нет	6	10	5	300
3	есть	1	1	1	1
	нет	5	4	4	80
4	есть	2	1	3	6
	нет	1	2	10	20
5	нет	5	4	5	100
6	есть	1	2	5	10
	есть	2	2	5	20
7	есть	3	3	5	45
	есть	5	3	5	75

Принято критическое значение

$$\text{ПЧР} = 125.$$

Таким образом, получается, что вторая операция

(оформление заявки),

выполняемая работниками

ПДО, наиболее критична, так

как $\text{ПЧР} = 300$.

После того, как выбрана наиболее опасная операция, необходимо разработать предупреждающие действия для снижения ее критичности.

Анализ показывает, что наиболее перспективным направлением предупреждающих действий может стать разработка средства контроля для данной операции и, как следствие этого, повышение вероятности выявления нарушения операции. Одним из

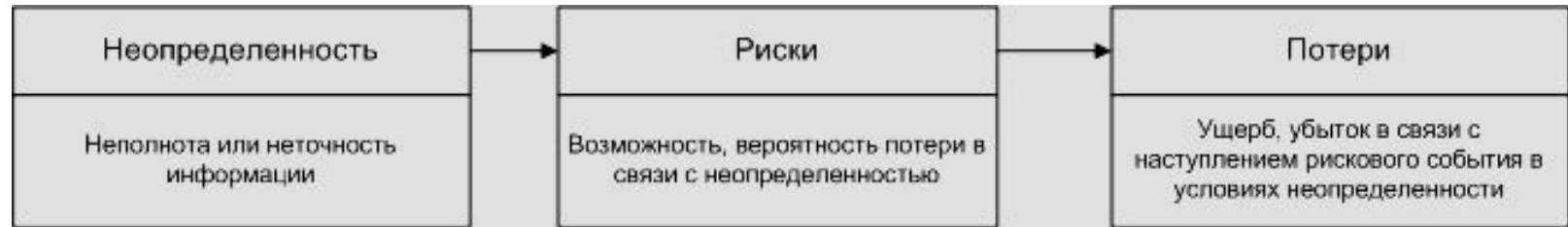
вариантов предупреждающих действий является согласование заявки с

представителями заинтересованных подразделений, при этом повышается вероятность выявления нарушений, а $B_2 = 3$. В итоге $\text{ПЧР} = 6 \cdot 3 \cdot 5 = 90$.

Риски

РИСК – потенциальная, численно измеримая возможность неблагоприятных ситуаций и связанных с ними последствий в виде потерь, ущерба, убытков и т.п. в связи с неопределенностью.

РИСК – сочетание вероятности события и его последствий .



Опасности могут быть отнесены к следующим четырем основным категориям:

- а) **природные опасности** (наводнения, землетрясения, ураганы, молния и т.д.);
- б) **технические опасности**, источниками которых являются промышленное оборудование, сооружения, транспортные системы, потребительская продукция, пестициды, гербициды, фармацевтические препараты и т.п.;
- в) **социальные опасности**, источниками которых являются вооруженное нападение, война, диверсия, инфекционное заболевание и т.д.;
- г) **опасности, связанные с укладом жизни** (злоупотребление наркотиками, алкоголь, курение и т.д.).

Анализ рисков

Риск может быть классифицирован исходя из характера возможных последствий. Характер последствий может быть:

- а) **индивидуальным** (воздействие на отдельных людей);
- б) **профессиональным** (воздействие на работающих);
- в) **социальным** (общее воздействие на сообщество людей);
- г) **приводящим к имущественному урону** и экономическим потерям (нарушения деловой деятельности, штрафы и т.д.);
- е) **касающимся окружающей среды** (воздействие на землю, воздух, воду, растительный, животный мир и культурное наследие).

АНАЛИЗ РИСКОВ – процедуры выявления факторов рисков и оценки их значимости. Он включает:

- анализ вероятности того, что произойдут определенные нежелательные события;
- оценку рисков; выявление соответствующих факторов и оценку их значимости;
- применение методов снижения рисков или уменьшение связанных с рисками неблагоприятных последствий.

Оценка рисков

ОЦЕНКА РИСКОВ – это определение количественным или качественным способом величины (степени) рисков.

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ РИСКОВ:

1. Количественная оценка рисков, например, с помощью методов математической статистики.
2. Методы экспертной оценки рисков.
3. Методы имитационного моделирования рисков.
4. Метод аналогов.
5. Комбинированные методы.

Алгоритм проведения анализа рисков отказов

1. Провести анализ риска возможных отказов объекта.
2. Составить диаграмму Исикава для выявленных отказов.
3. Определить базовый ПЧР изделия.
4. Определить ПЧР для факторов 2-го уровня и ПЧР для анализируемых отказов.
5. Построить диаграмму Парето для факторов 1-го уровня.
6. Выявить наиболее значимые отказы, на устранение которых следует обратить особое внимание на этапе проектирования.

Диаграмма Исикавы потенциальных отказов

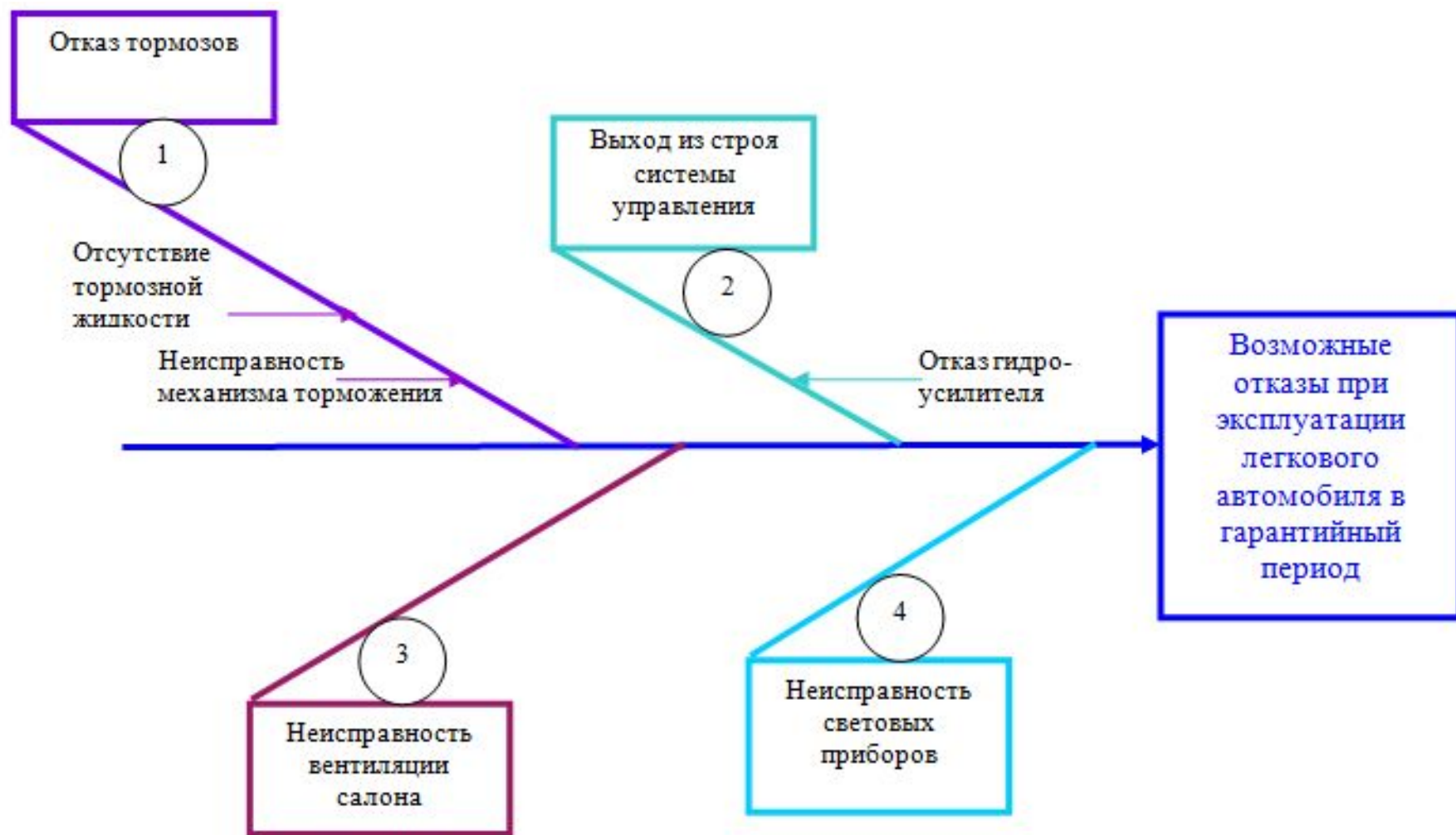
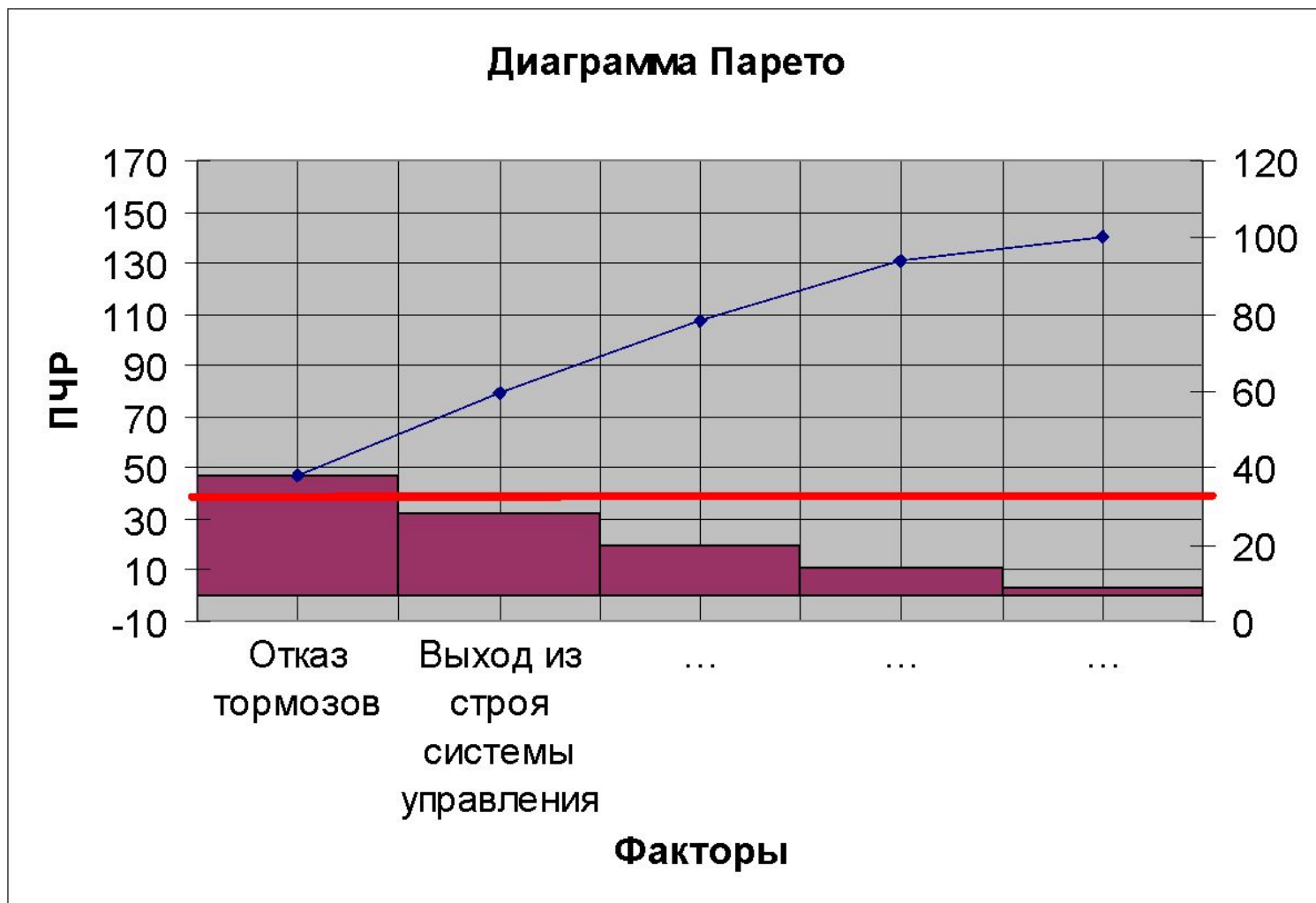


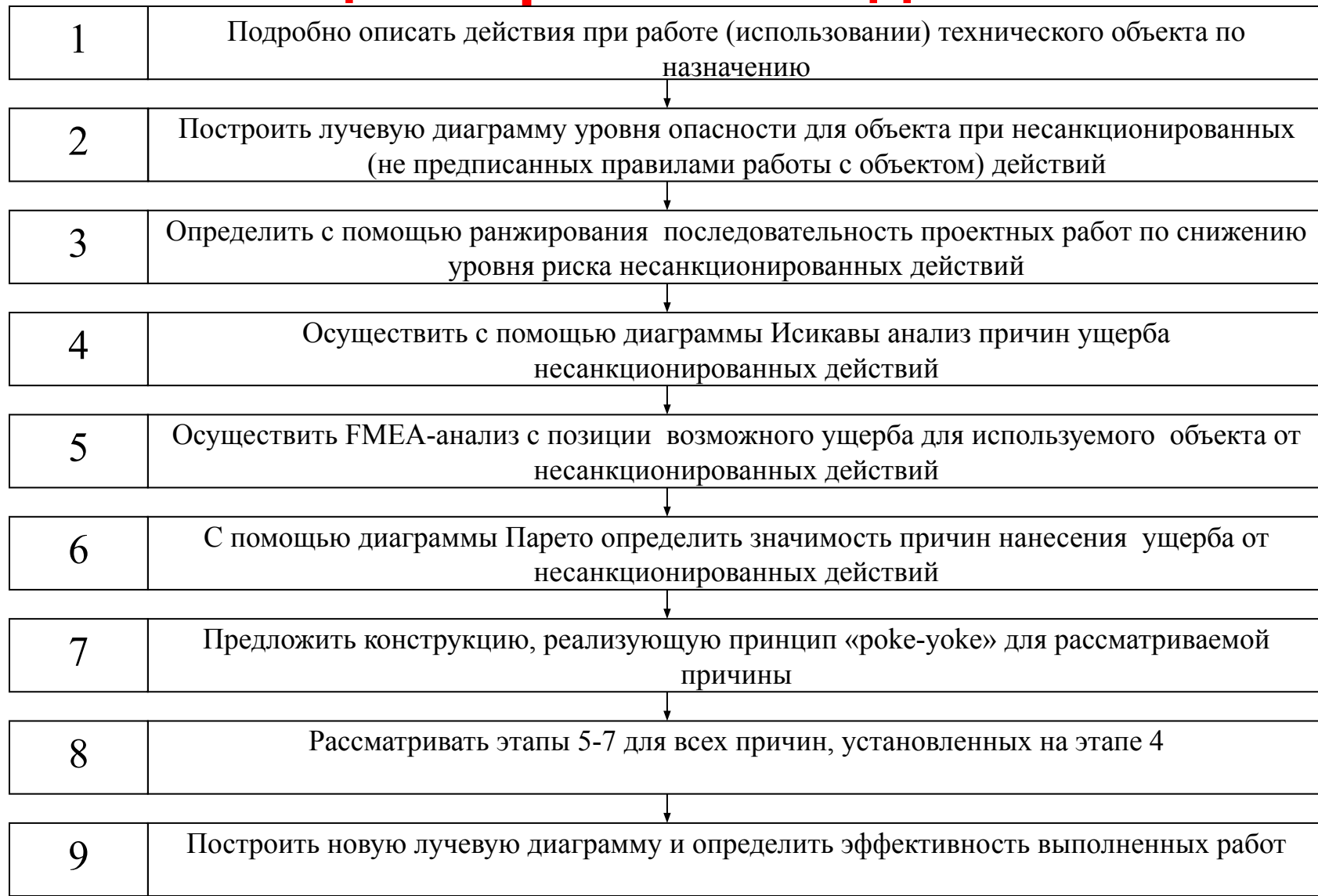
Таблица расчета ПЧР для факторов 2-го уровня и ПЧР для анализируемых отказов

№	Фактор	Последствие	Балл S	Вероятность появления	Балл O	Обнаружение	Балл D	ПЧР
Отказ тормозов								
1	Неисправность механизма торможения	Слабое	5	Умеренная: случайные дефекты	6	Хорошее	3	90
2	Отсутствие тормозной жидкости	Отсутствует	1	Низкая: относительно мало дефектов	2	Очень хорошее	2	4
								90
Выход из строя системы управления								
1						
2								
Среднее ПЧР								32

Диаграмма Парето для ПЧР



Алгоритм анализа риска от несанкционированных действий



Спасибо за внимание!!!