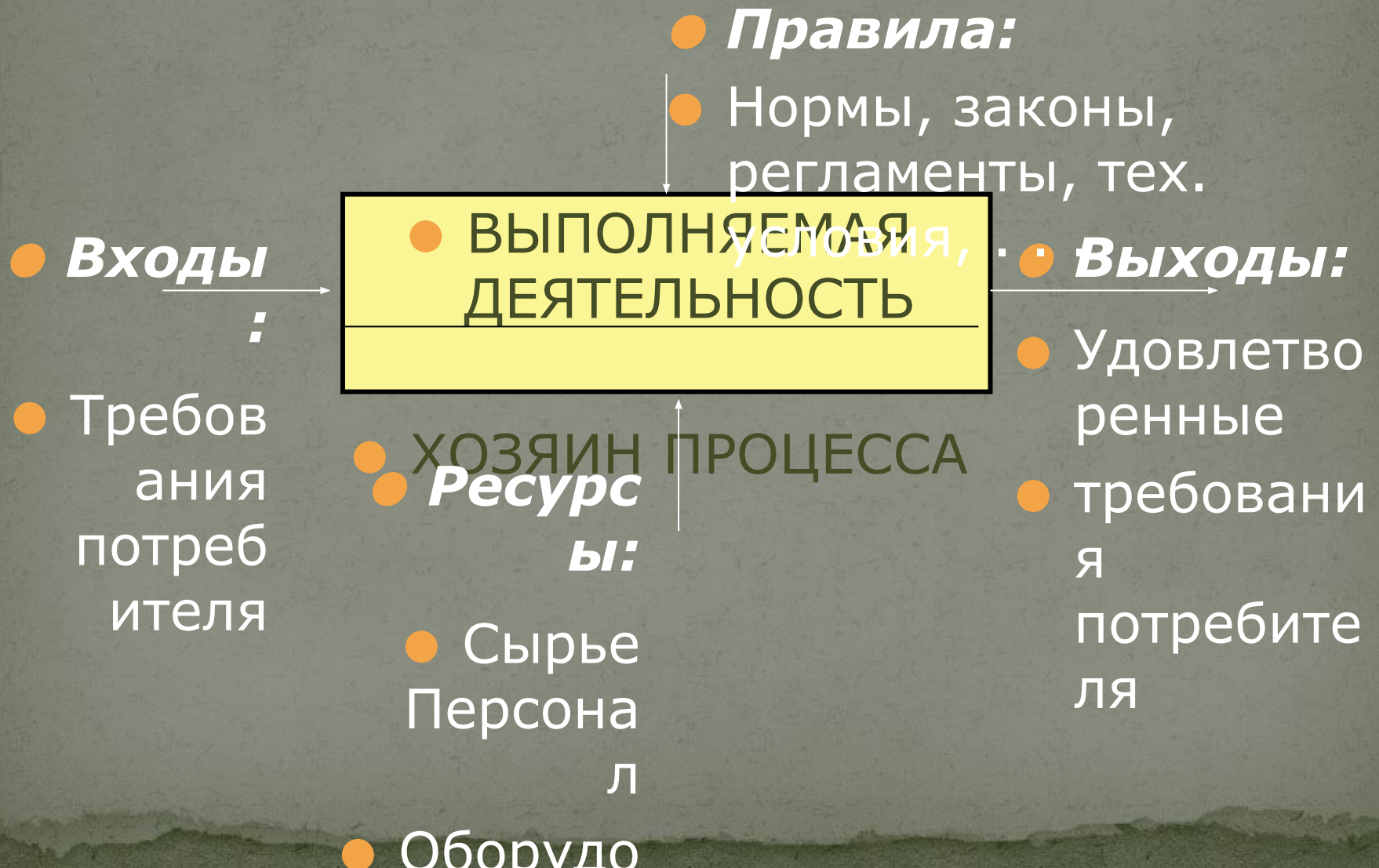


# Управление процессами

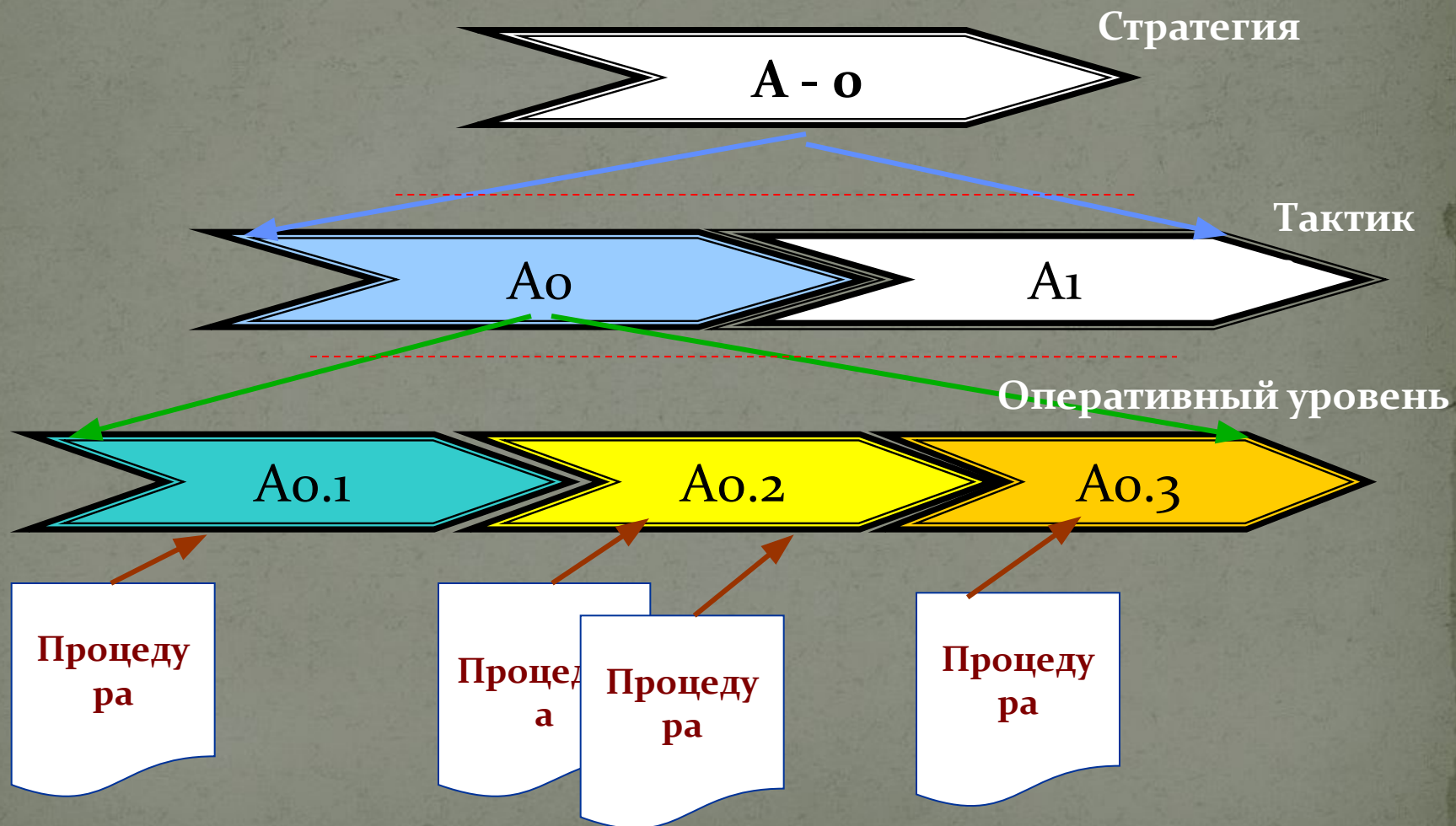
---

Бакалаврский курс

# Понятие процесса



# Декомпозиция процессов



# Вариабельность процессов

- *Вариабельность*, т.е. изменчивость присуща всем природным явлениям, всем техническим и технологическим процессам, а также всем известным организационным структурам.
- Отклонения от номинального значения называют *вариациями*, отсюда общее название, описывающее эту ситуацию - *вариабельность*.

# Причины вариаций

- Вариации по своему происхождению вызываются двумя принципиально различными причинами, которые принято называть общими и специальными причинами вариаций.
- Общими причинами вариаций называют те причины вариаций, какие являются неотъемлемой частью данного процесса и внутренне ему присущи.
- Специальными причинами вариаций называют те причины вариаций, какие возникают из-за внешних по отношению к процессу воздействий на него, и какие не являются его неотъемлемой частью.

# Операциональное определение

- Операциональным определением называют такое определение, какое понятно всякому разумному человеку, и какое может быть использовано на практике. Последнее означает, что должны быть указаны процедуры, критерии, измеряемые параметры/характеристики, способы и точность их измерения и т.д. и т.п.

# Операциональные определения вариабельности

- *Общими причинами вариаций* называют те причины, при которых все отклонения параметров/характеристик процесса на подходящей контрольной карте находятся внутри контрольных границ, и не обнаруживают ни серий, ни других неслучайных структур. В этом случае процесс называют статистически управляемым.
- *Специальными причинами вариаций* называют те причины, которые на подходящей контрольной карте соответствуют либо выходящим за контрольные границы точкам, либо точкам обнаружения серий и/или других неслучайных структур. Если специальные причины вариаций присутствуют на контрольной карте, то процесс называют статистически неуправляемым.

# Устранение отклонений

- Локальное вмешательство
- Вмешательство в систему



# Устранение отклонений

- Локальное вмешательство
  - обычно необходимо для устранения специальных причин вариаций.
  - обычно осуществляется людьми, занятыми в процессе и близкими к нему.
  - обычно необходимо для примерно 15% всех возникающих в процессе проблем неэффективно или ухудшает ситуацию, если процесс статистически управляем, и, напротив, эффективно, если процесс статистически не управляем.

# Устранение отклонений

- Вмешательство в систему
  - обычно необходимо для устранения общих причин вариаций
  - почти всегда требует действий со стороны высшего менеджмента обычно необходимо для примерно 85% всех возникающих в процессе проблем

# Статистические методы

- Статистические методы играют важную роль в объективной оценке количественных и качественных характеристик процесса и являются одним из важнейших элементов системы обеспечения качества продукции и всего процесса управления качеством.

# Параметры распределения

- Центр группирования.

$$X_{cp} = \frac{(X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n)}{n} = \frac{\sum X_i}{n}$$

- Величина рассеяния.

$$R = X_{max} - X_{min}$$

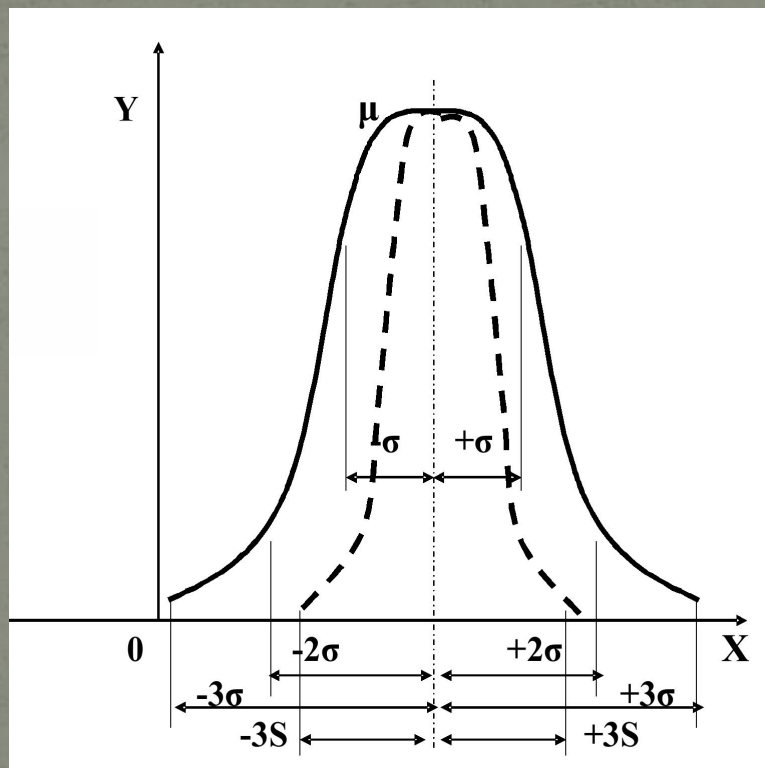
$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - X_{cp})^2}{n}}$$

$$S = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

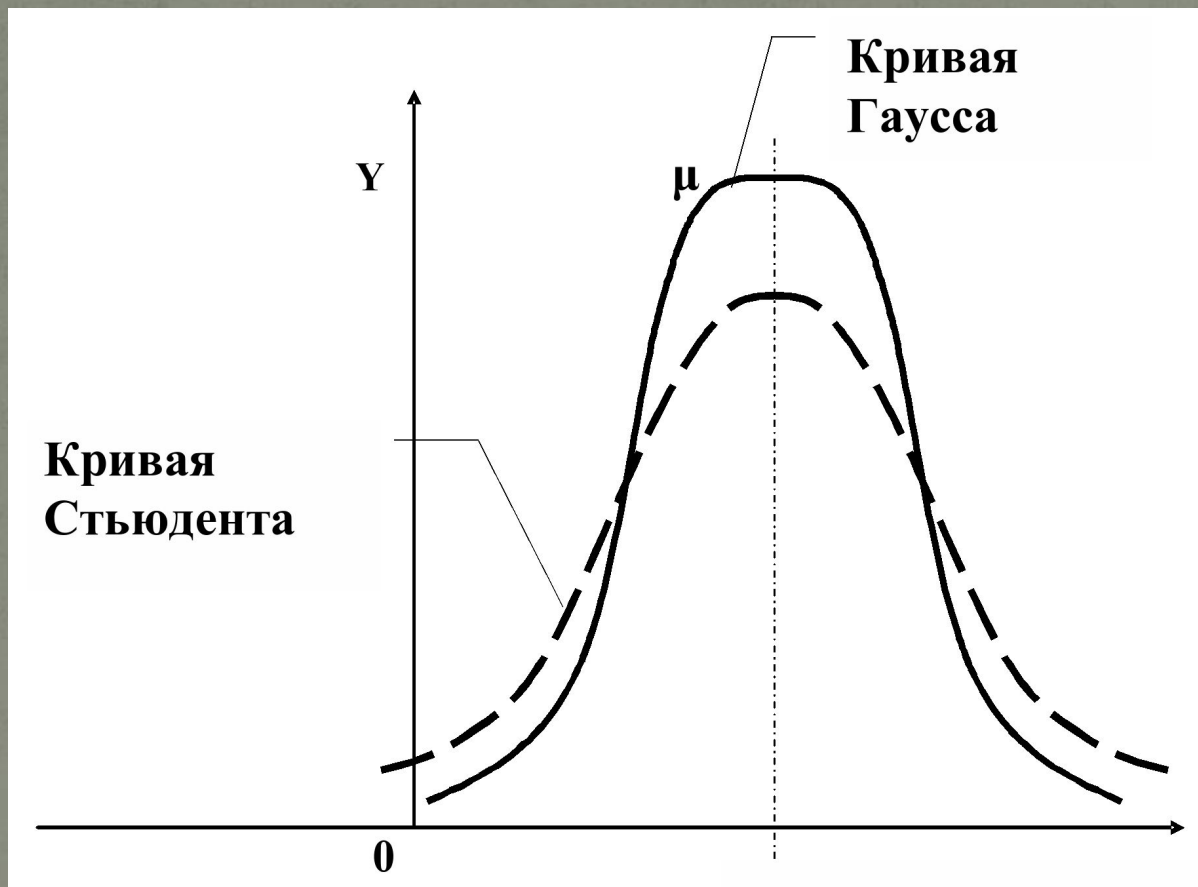
- Закон нормального распределения.

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot \sigma^2}} \cdot e^{-\frac{(x - \mu)^2}{2 \cdot \sigma^2}}$$

# Закон нормального распределения



# Распределение Стьюдента



# Связи величины разброса с уровнем брака

- $Z_{90} = 1,65$ ;  $Z_{95} = 1,96$ ;  $Z_{99} = 2,576$ ;  $Z_{999} = 3,291$ .

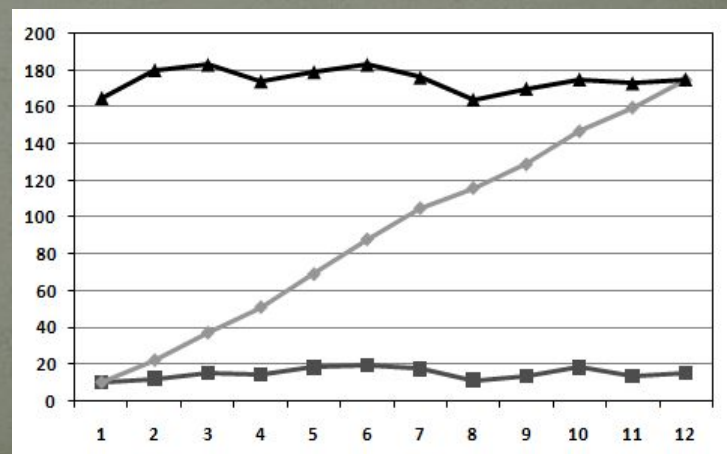
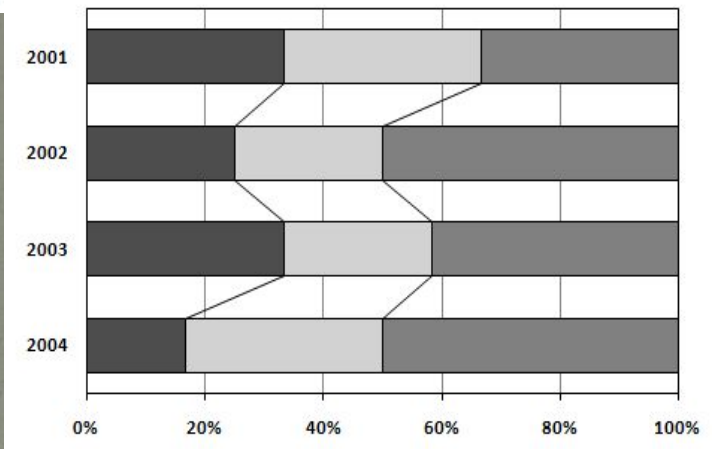
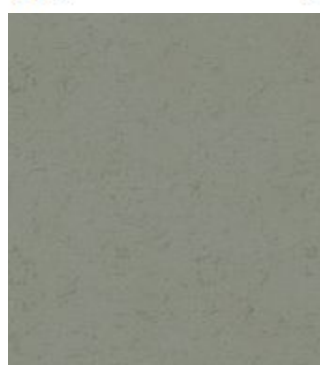
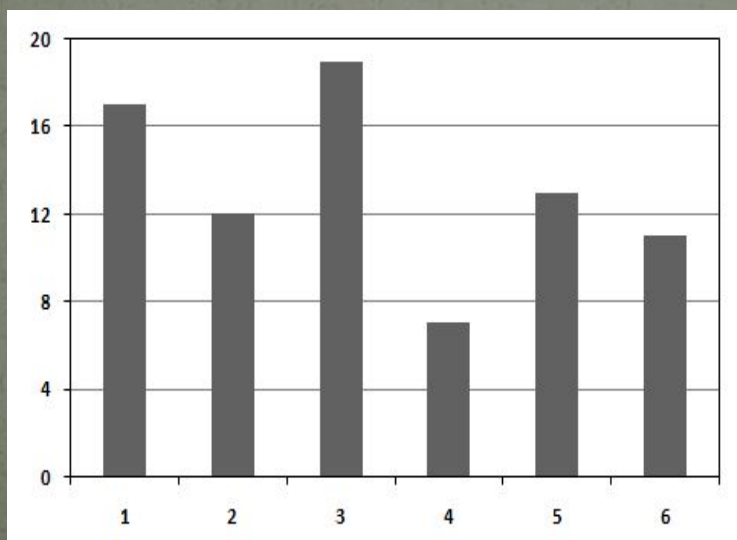
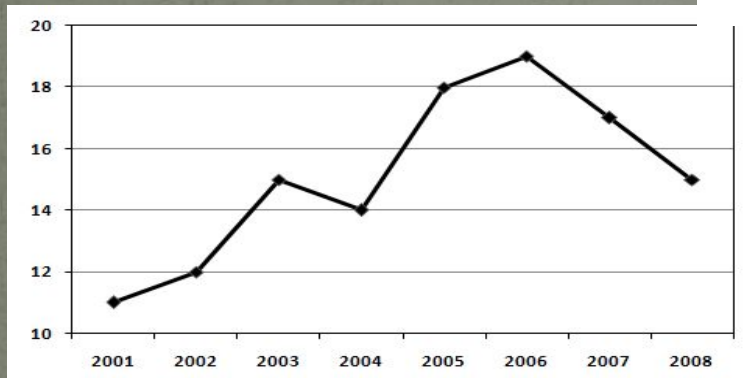
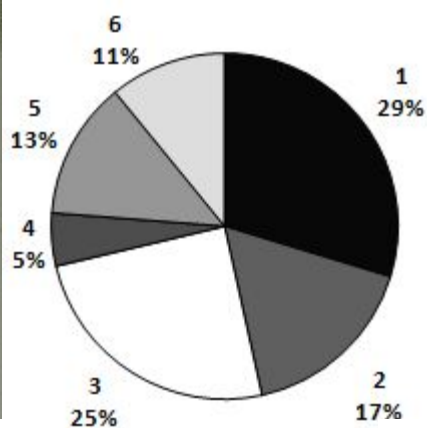
# 7 простых инструментов качества

- контрольный листок;
- графики;
- гистограмма;
- диаграмма рассеивания (диаграмма разброса);
- стратификация (расслоение);
- диаграмма Исикавы (причинно-следственная диаграмма);
- диаграмма Парето;
- контрольная карта.

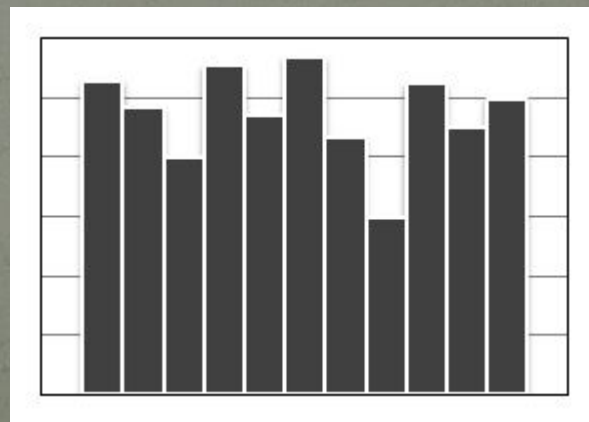
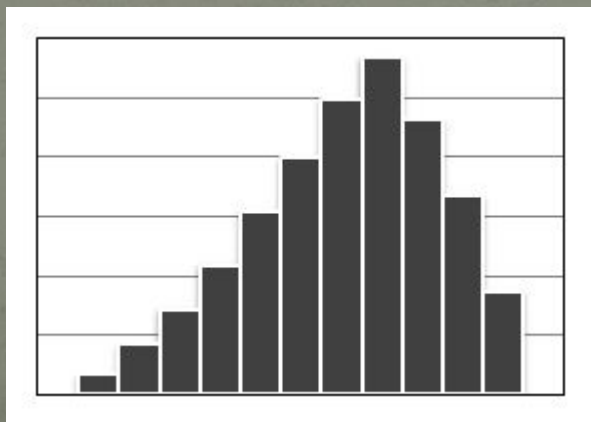
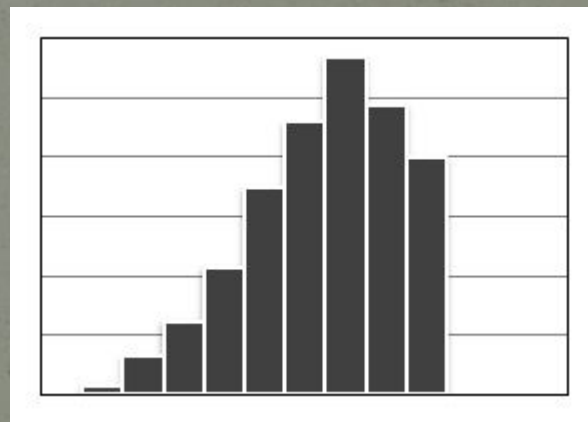
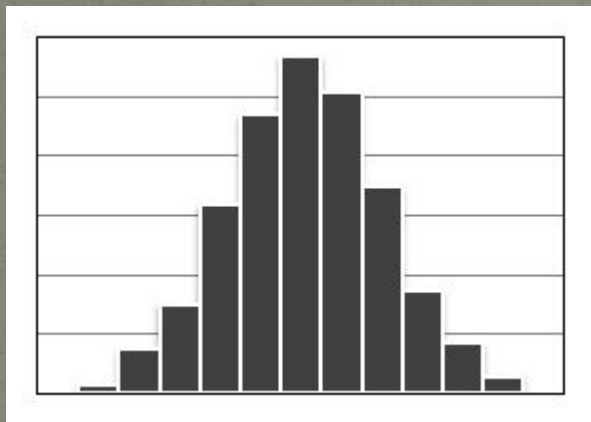




# Графики



# Гистограмма



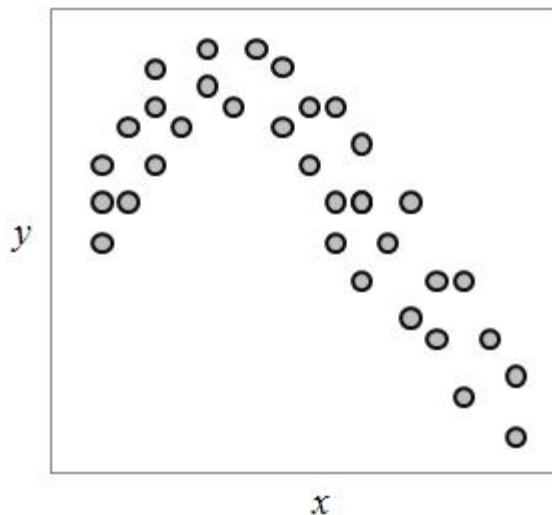
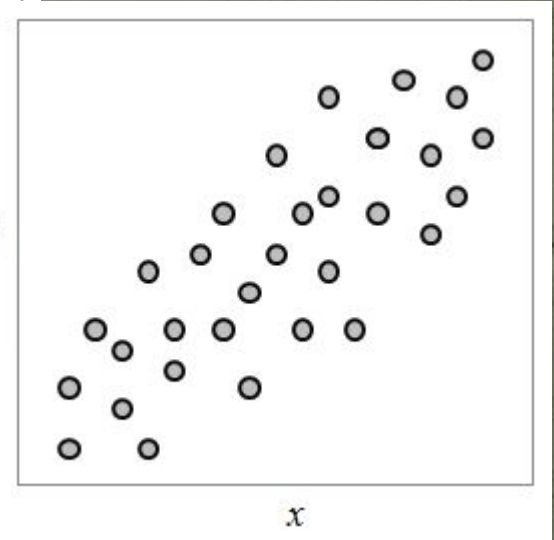
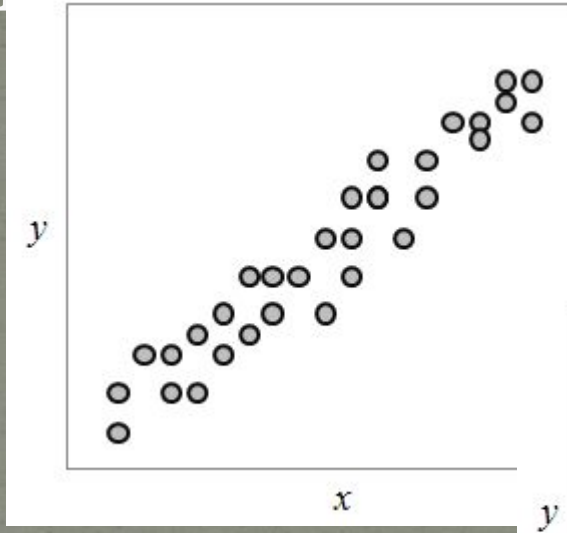
# Диаграмма рассеивания

$$r = \frac{S(xy)}{\sqrt{S(xx)S(yy)}}$$

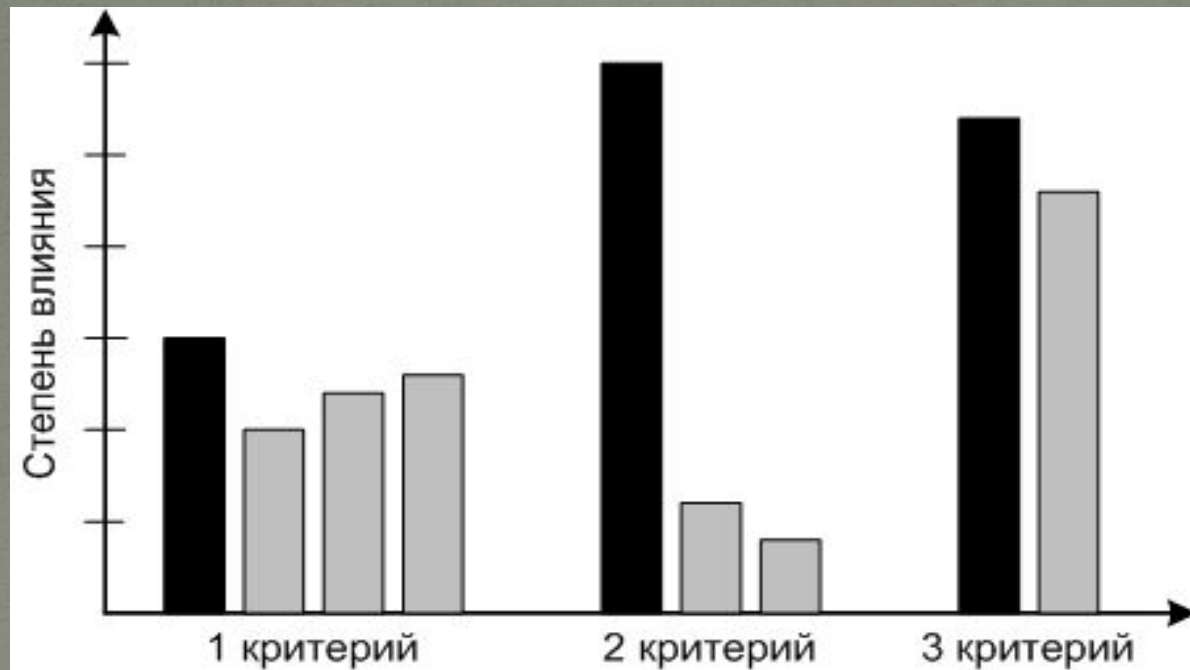
$$S(xy) = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}),$$

$$S(xx) = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2,$$

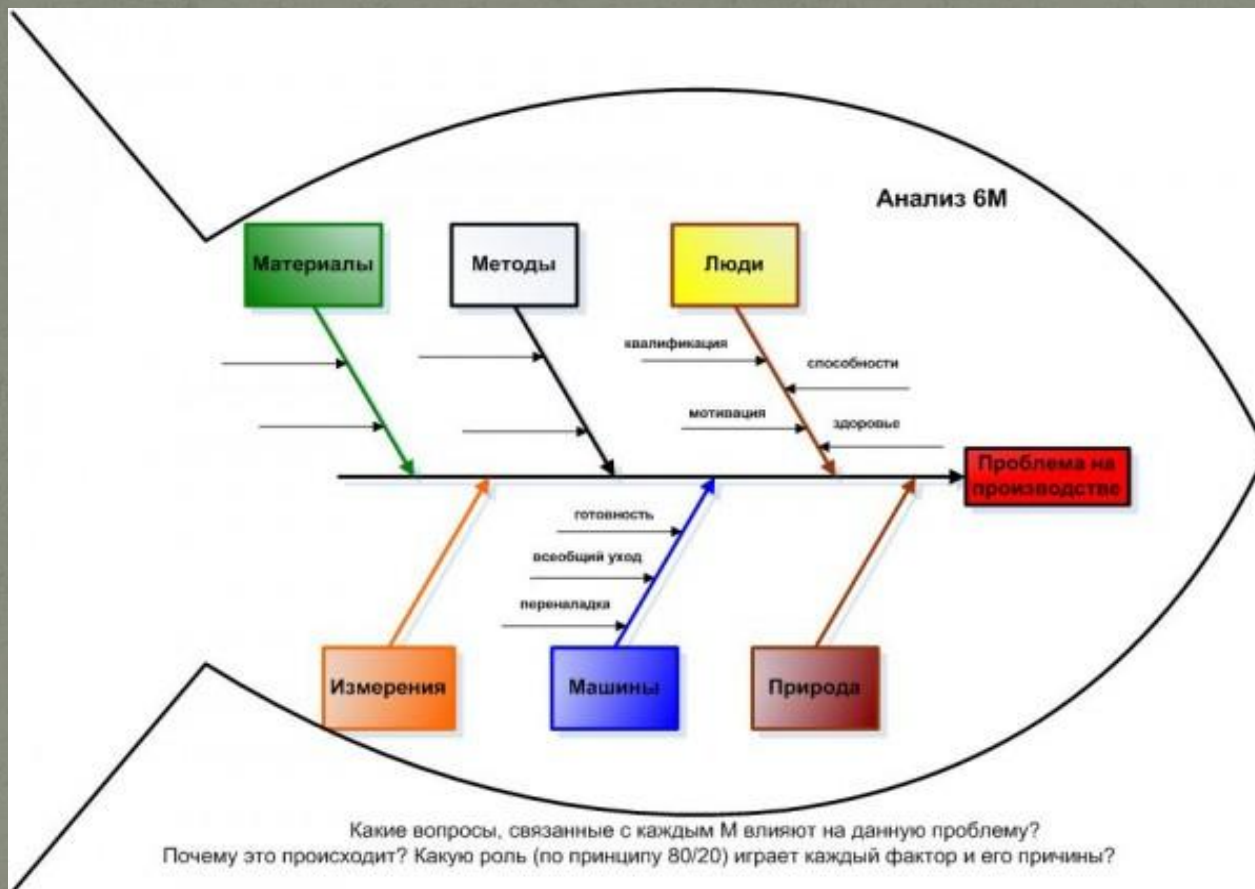
$$S(yy) = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2,$$



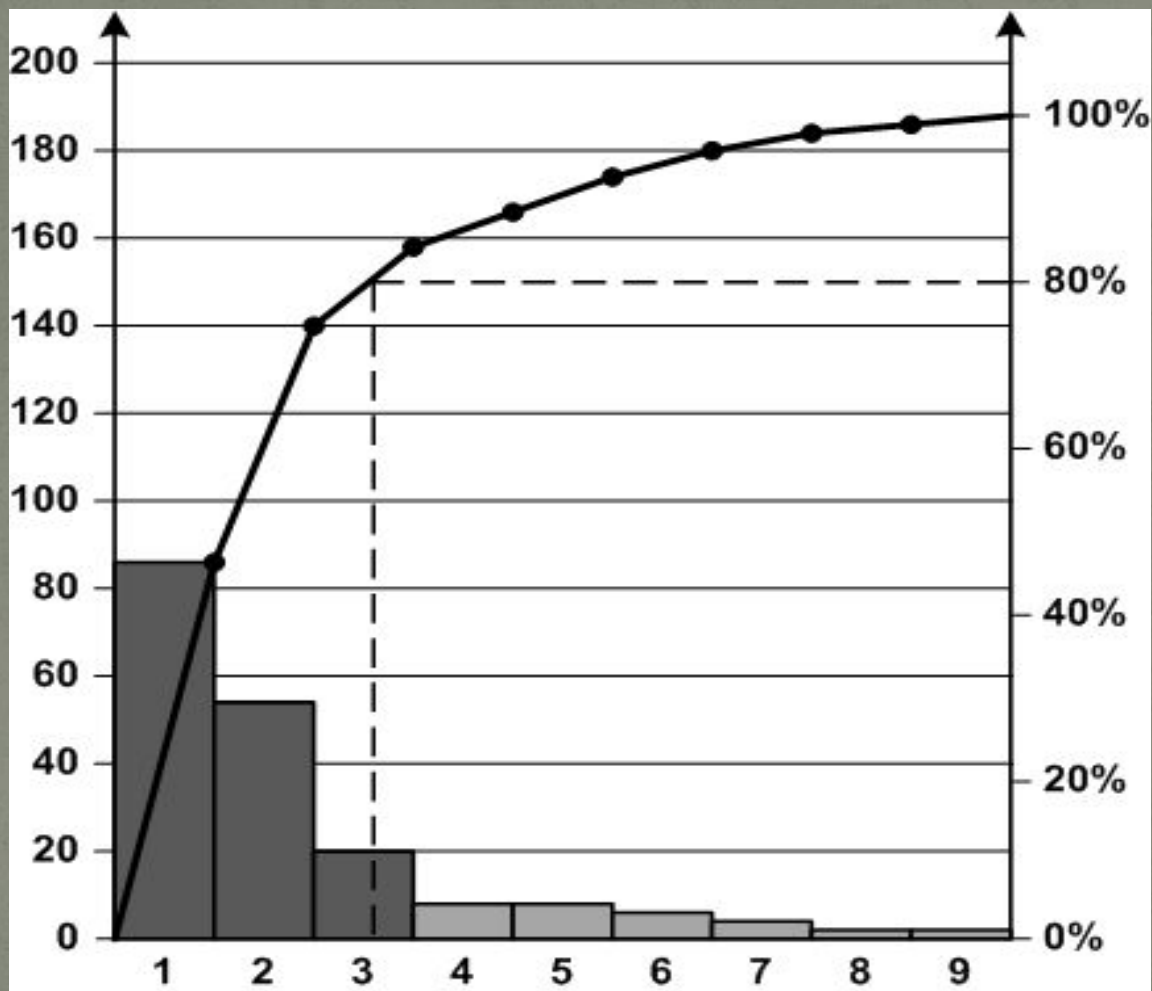
# Стратификация



# Диаграмма Исикавы



# Диаграмма Парето



# Контрольные карты

Статистика	Стандартные значения не заданы		Стандартные значения заданы	
	Центральная линия	UCL и LCL	Центральная линия	UCL и LCL
Индивидуальное значение $X$	$\bar{X}$	$\bar{X} \pm E_2 \bar{R}$	$X_0$ или $\mu$	$X_i \pm 3\sigma_0$
Скользкий размах $R$	$\bar{R}$	$D_2 \bar{R}, D_3 \bar{R}$	$R_0$ или $d_2 \sigma_0$	$D_2 \sigma_1, D_3 \sigma_1$

**Примечания**

- 1 Заданы стандартные значения  $X_0$  и  $R_0$  или  $\mu$  и  $\sigma_0$ .
- 2  $\bar{R}$  обозначает среднее скользящего размаха из двух наблюдений ( $n = 2$ ).
- 3 Значения коэффициентов  $d_2, D_1, D_2, D_3, D_4$  и косвенно  $E_2 = 3/d_2$  можно получить из таблицы 2 при  $n = 2$ .

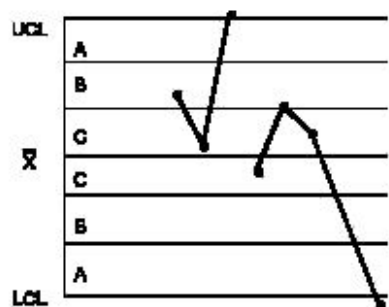


# Контрольные карты

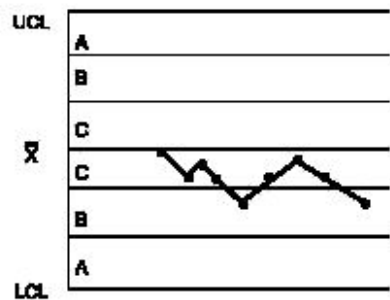
Статистика	Стандартные значения не заданы		Стандартные значения заданы	
	Центральная линия	3σ-е контрольные границы	Центральная линия	3σ-е контрольные границы
$p$	$\bar{p}$	$\bar{p} \pm 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$	$p_0$	$p_0 \pm 3 \sqrt{\frac{p_0(1-p_0)}{n}}$
$np$	$n\bar{p}$	$n\bar{p} \pm 3 \sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})}$	$np_0$	$np_0 \pm 3 \sqrt{np_0(1-p_0)}$
$c$	$\bar{c}$	$\bar{c} \pm 3 \sqrt{\bar{c}}$	$c_0$	$c_0 \pm 3 \sqrt{c_0}$
$u$	$\bar{u}$	$\bar{u} \pm 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$	$u_0$	$u_0 \pm 3 \sqrt{\frac{u_0}{n}}$

Примечание —  $p_0, np_0, c_0, u_0$  — заданные стандартные значения.

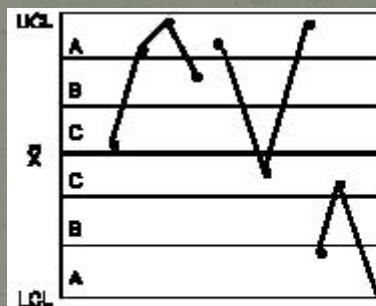
# Контрольные карты



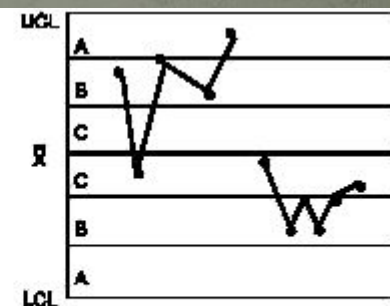
КРИТЕРИЙ 1 — Одна точка вне зоны A



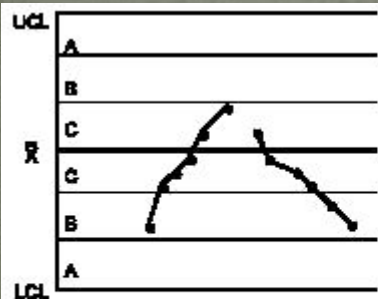
КРИТЕРИЙ 2 — Девять точек подряд в зоне C или по одну сторону от центральной линии



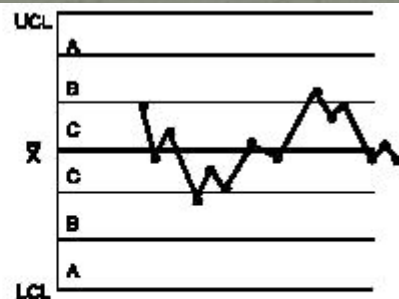
КРИТЕРИЙ 5 — Две из трех последовательных точек в зоне A или вне ее



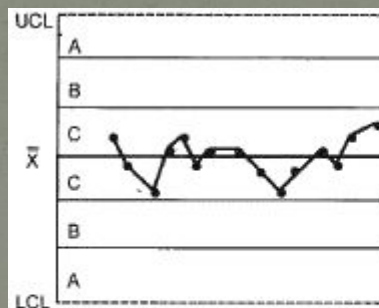
КРИТЕРИЙ 6 — Четыре из пяти последовательных точек в зоне B или вне ее



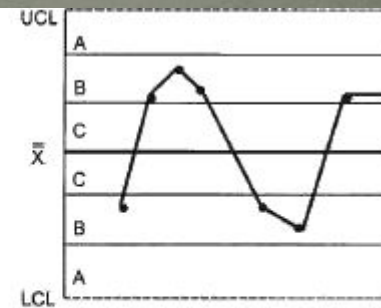
КРИТЕРИЙ 3 — Шесть возрастающих или убывающих точек подряд



КРИТЕРИЙ 4 — Четырнадцать попеременно возрастающих и убывающих точек



КРИТЕРИЙ 7 — Пятнадцать последовательных точек в зоне C выше и ниже центральной линии

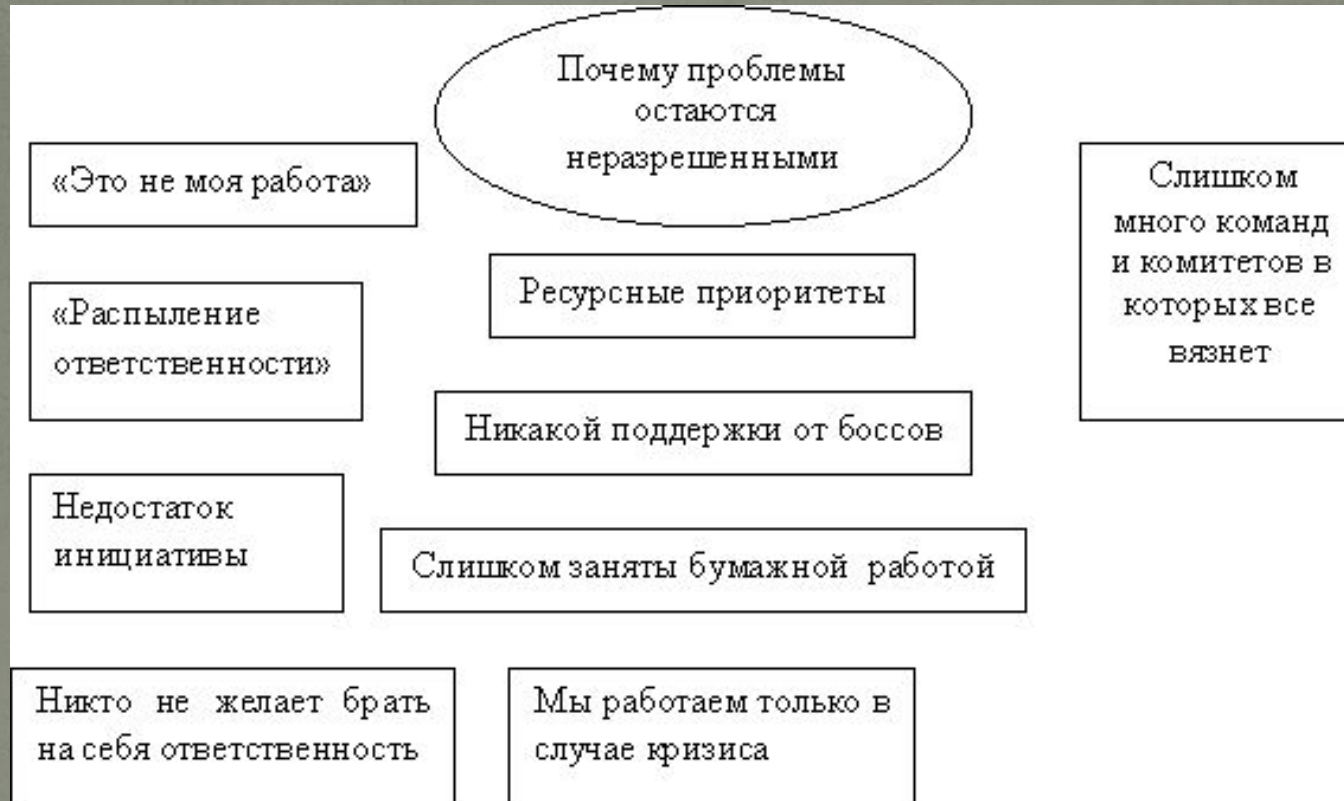


КРИТЕРИЙ 8 — Восемь последовательных точек по обеим сторонам центральной линии и ни одной в зоне C

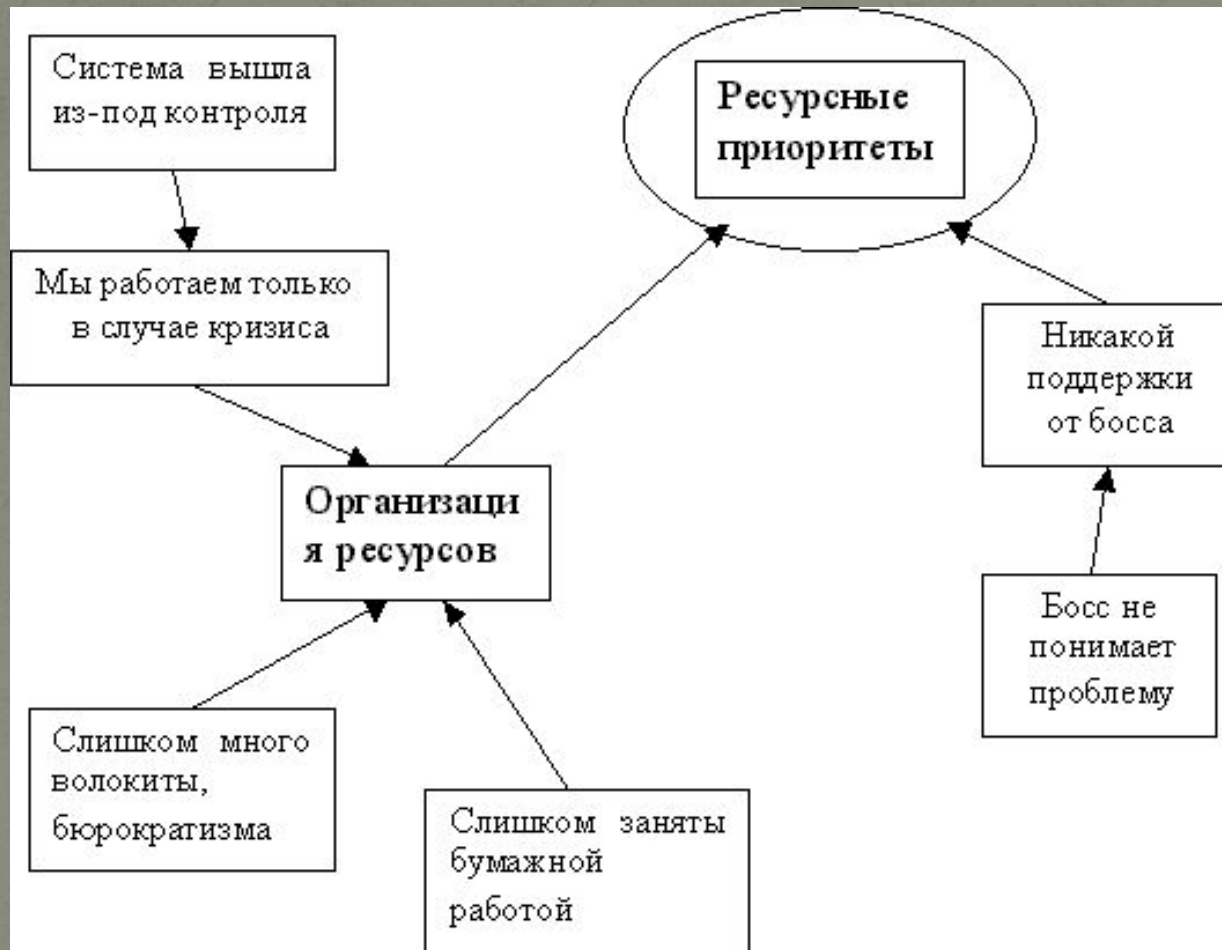
# 7 НОВЫХ ИНСТРУМЕНТОВ качества

- Диаграмма родственных связей;
- Диаграмма взаимоотношений;
- Древовидная диаграмма;
- Линейная диаграмма;
- Матричная диаграмма;
- Анализ матричных данных;
- Схема программы процесса решения

# Диаграмма родственных связей



# Диаграмма взаимоотношений



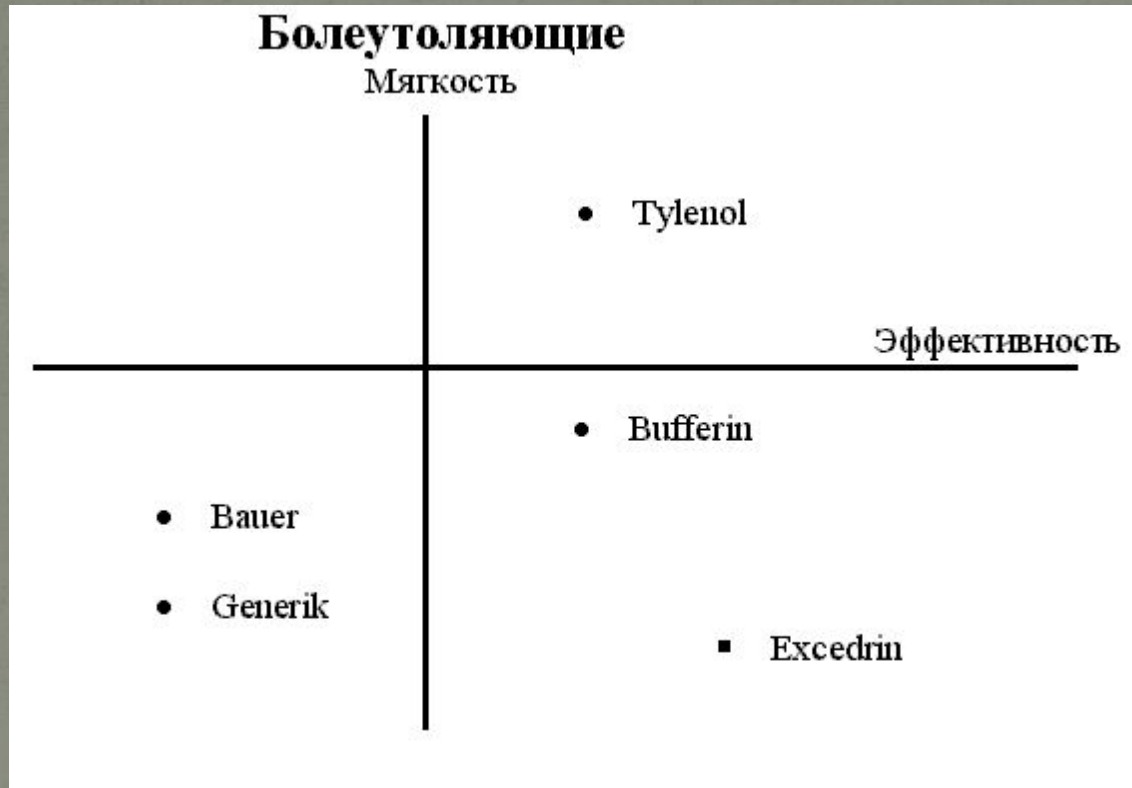
# Древовидная диаграмма



# Матричная диаграмма

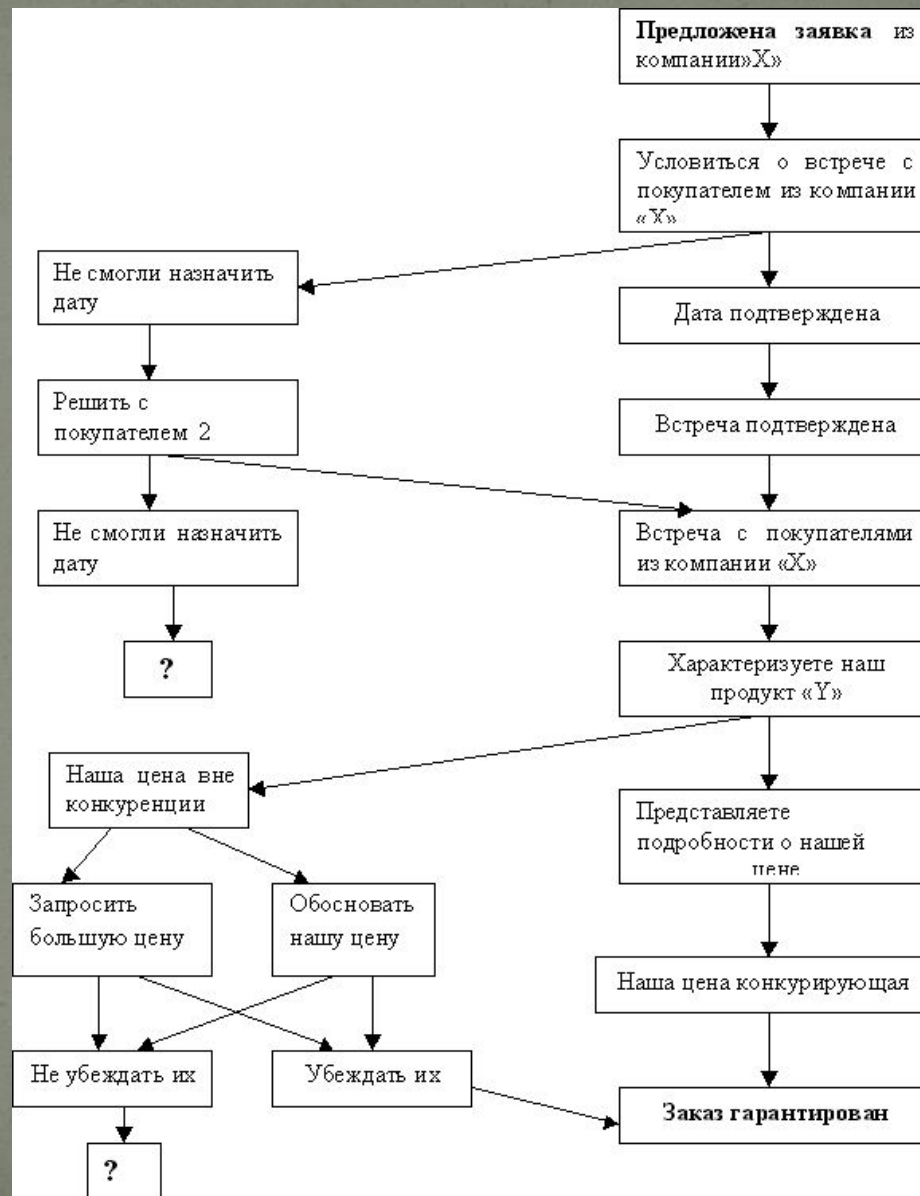
		Конкурент 1	Конкурент 2	Компания «Х»
Требования потребителя	Гибкие сроки поставки	7	6	3
	Продукция без дефектов	8	5	3
	Эффективная система работы с рекламациями	9	6	2

# Анализ матричных данных





# Схема программы процесса решения



# FMEA анализ

---

# ПОНЯТИЯ

- **Анализ видов и последствий потенциальных несоответствий процесса** (Process Failure Mode and Effects Analysis, PFMEA) – метод, целью которого является улучшение процесса на основе анализа потенциальных несоответствий процесса с количественным анализом последствий и причин несоответствий.
- **Анализ видов и последствий потенциальных несоответствий конструкции** (Design Failure Mode and Effects Analysis, DFMEA) – метод, целью которого является улучшение конструкции на основе анализа потенциальных несоответствий конструкции с количественным анализом последствий и причин несоответствий.

# Основные параметры

- Ранг (балл) значимости (S) – балльная оценка по шкале от 1 до 10 серьезности последствий несоответствия.
- Ранг (балл) возникновения (O) – балльная оценка по шкале от 1 до 10 частоты возникновения причины несоответствия (несоответствия).
- Ранг (балл) обнаружения (D) – балльная оценка по шкале от 1 до 10 способности существующих действий контроля обнаруживать потенциальные причины несоответствия.
- Приоритетное число риска (ПЧР) – обобщенная количественная характеристика несоответствия, его причины или последствия (в зависимости от области применения и объекта анализа), учитывающая значимость и вероятности возникновения и обнаружения.

# Типы FMEA

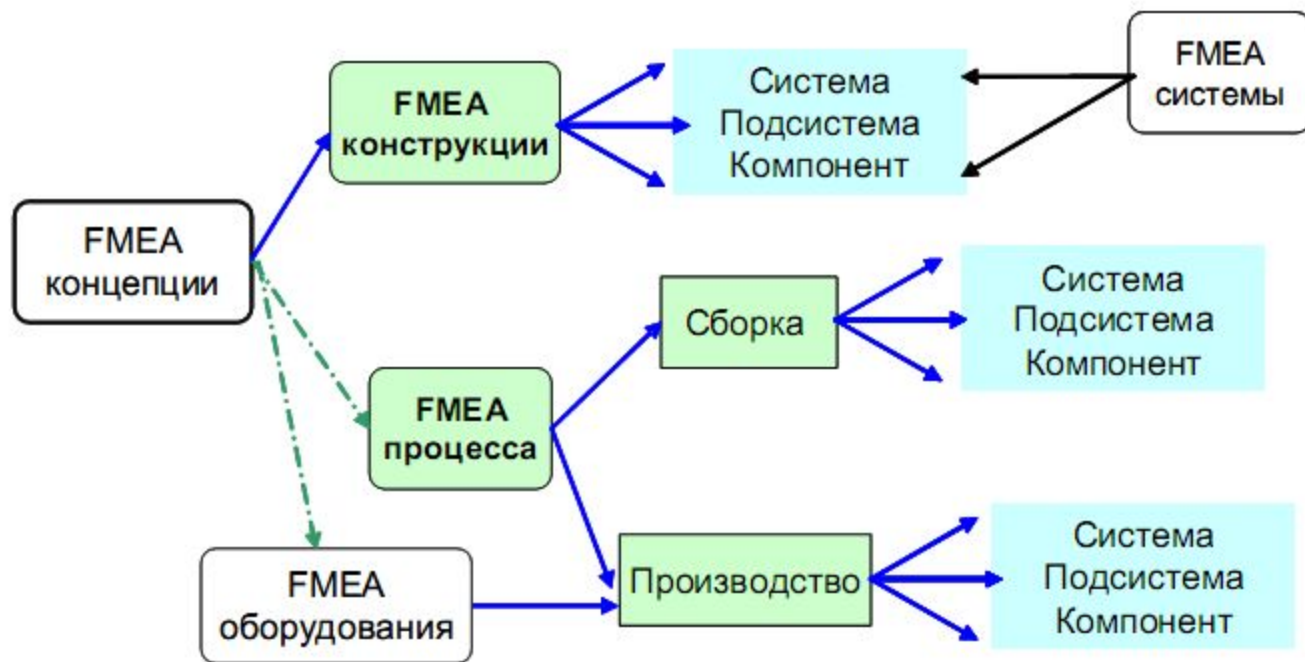
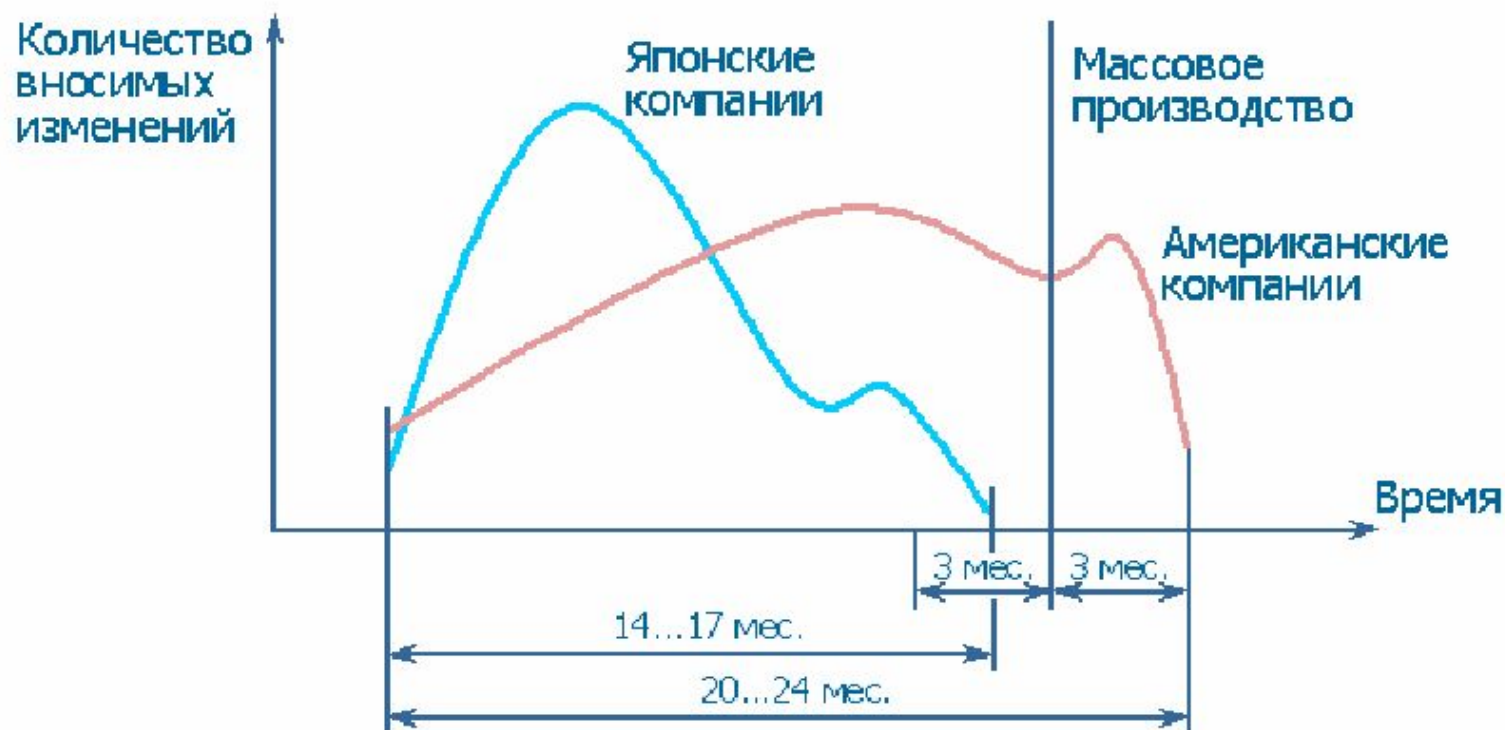


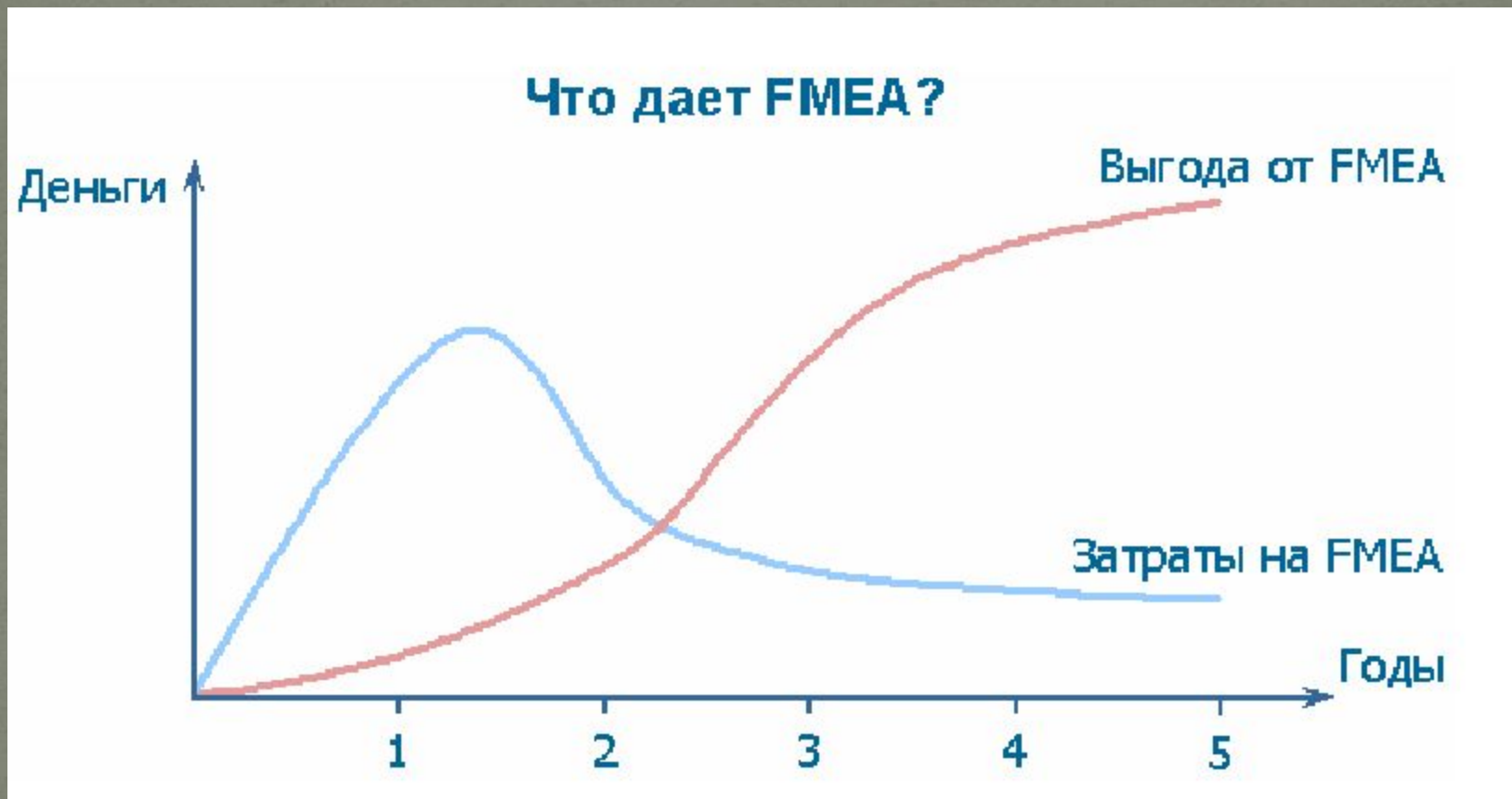
Рисунок – Типы FMEA

# Экономические выгоды

**Количество вносимых изменений во времени американскими и японскими автомобильными компаниями**



# Экономические выгоды



# Принципы

- Командная работа. FMEA проводится силами специально подобранной многофункциональной команды экспертов. Эффективность анализа напрямую зависит от профессионального уровня, практического опыта и согласованности действий специалистов.
- Иерархичность. Для сложных изделий, процессов и процессов изготовления сложных технических объектов анализу подвергается как изделие/процесс в целом, так и его составляющие (детали/операции).
- Итеративность. Анализ проводится неоднократно; он возобновляется при выявлении новых факторов и при любых изменениях, влекущих за собой изменение последствий и их рисков.
- Регистрация данных. Анализ видов и последствий потенциальных несоответствий и его результаты должны быть документально оформлены.



# Значимость

- Значимость – это оценка по 10-балльной шкале серьезности последствия. Ранг (балл) значимости определяется экспертно по типовой шкале. Если последствий несколько и значимости их разные, то для дальнейшего расчета ПЧР используется максимальное значение значимости.

# Возникновение

- Возникновение – это оценка вероятности, с которой ожидается
- появление несоответствия, последствия или причины. Для оценки частоты
- возникновения по возможности следует использовать имеющиеся
- статистические данные по подобным изделиям/процессам с учетом
- изменений рабочей среды ( $P_{pk}$  ( $C_{pk}$ ), частота отказов за определенный срок
- и т.п.). Если таких данных нет, допустимо давать субъективные оценки на
- основе информации о процессе.

# Обнаружение

- Обнаружение – это оценка вероятности того, что применяемые средства контроля обнаружат признаки несоответствия, последствия или причины прежде, чем эти признаки будут замечены потребителем. Необходимо оценить по 10-балльной шкале вероятность того, что несоответствие и/или причины, его вызвавшие, будут обнаружены прежде, чем изделие покинет расположение процесса.

# Приоритетное число риска

- Приоритетное число риска (ПЧР) – обобщенная количественная характеристика объекта анализа. ПЧР определяется после получения экспертных оценок составляющих – рангов значимости, возникновения и обнаружения, путем их перемножения. Объекты анализа упорядочиваются по убыванию значений ПЧР.

# Упорядочивание ПЧР

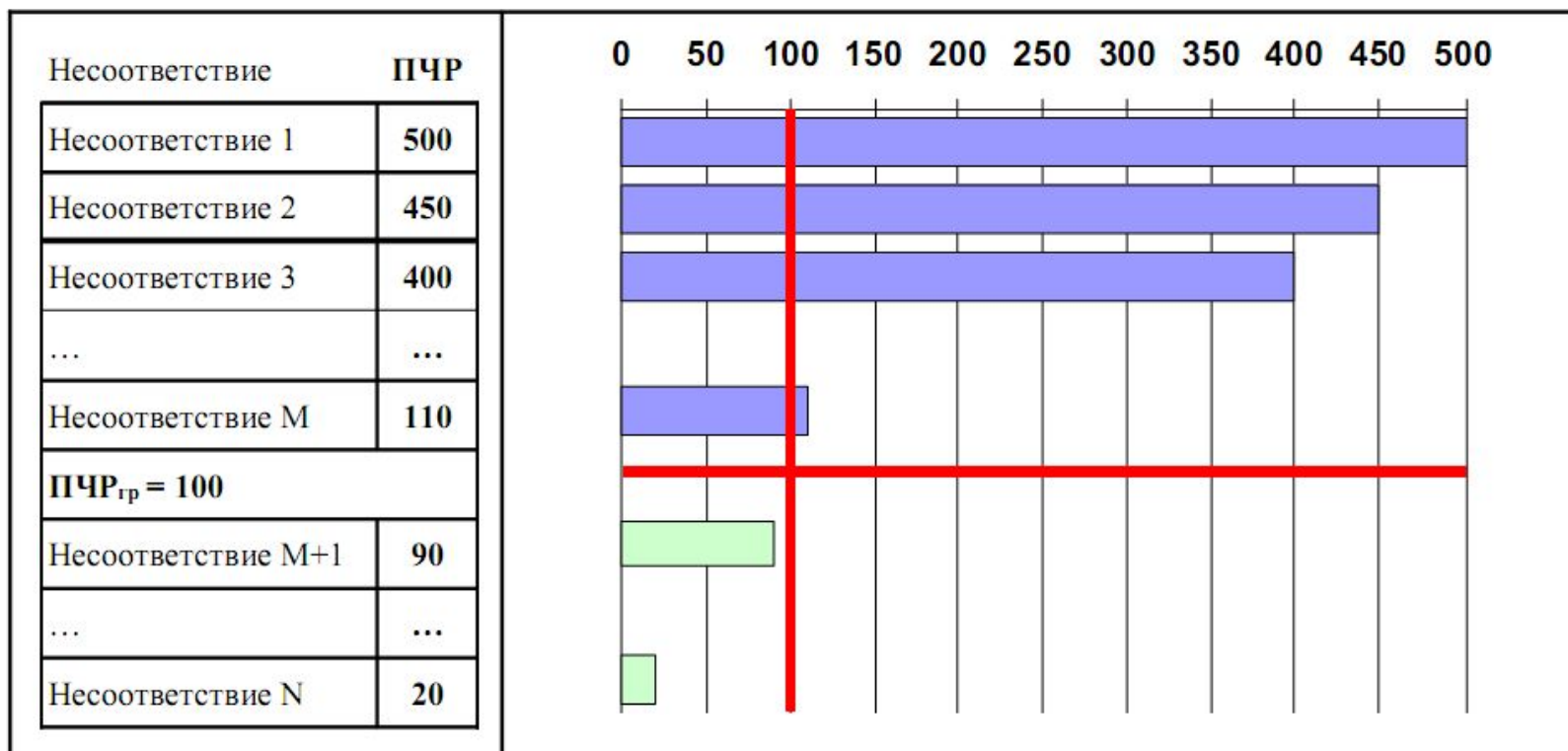


Рисунок 1.3 - Упорядоченный по убыванию ПЧР перечень несоответствий



# Формирование команды экспертов

- Базовый (минимально необходимый) состав команды специалистов должен состоять из шести человек:
- руководитель рабочей группы;
- инженер-технолог, ответственный за разработку технологического процесса;
- инженер-технолог, ответственный за разработку аналогичного технологического процесса;
- инженер-конструктор;
- представитель отдела работы с потребителем;
- представитель производства / службы контроля.

# Исходные данные для анализа FMEA процессов

- Перед проведением FMEA команда экспертов осуществляет сбор и изучение исходных данных. Исходные данные для анализа FMEA процесса должны содержать информацию о процессе и продукции, требованиях, предъявляемых к системе в целом и отдельным ее составляющим, факторах окружающей среды, влияющих на результаты.



# Выбор процессов для проведения анализа FMEA

При выборе технологических процессов для проведения FMEA можно использовать следующие критерии:

- технологический процесс является новым (более 50% новых операций);
- в ходе техпроцесса происходит формирование параметров, влияющих на безопасность продукции;
- были даны рекомендации DFMEA анализа несоответствий конструкции детали/узла, к которой относится техпроцесс;
- в техпроцессе применяется новое или модернизированное оборудование/оснастка/инструмент;
- имело место изменение технологии, в т.ч. изменение методов контроля в техпроцессе;
- имело место изменение графиков ремонта и обслуживания оборудования, применяемого в техпроцессе, и поверки, калибровки, аттестации и ремонта средств измерения, используемых в техпроцессе.

# Критерии выбора

- Критерии выбора последовательности анализа технологических процессов могут быть следующими:
- требования FMEA конструкции (DFMEA);
- требования заказчиков;
- критические (влияющие на безопасность) процессы;
- значительные изменения процесса (более 50% новых операций);
- внедрение SPC;
- новое оборудование/инструмент;
- окружающая среда/риски труда.

# Описание операций, целей и требований к операциям

- Заполнение протокола РФМЕА осуществляется с учётом определенных функций, целей и требований к процессу. Функции технологической операции описываются с точным указанием технологических режимов и параметров. Требования к результатам (цели) должны быть выражены в количественной форме с указанием поля допуска.

# Определение видов потенциальных несоответствий и их последствий

- невыполнение операции (например, пропуск операции);
- частичное невыполнение операции (например, недостаточная длина сварного шва);
- неправильное выполнение операции (например, несоответствующие параметры процесса – скорость, давление и др.)
- выполнение непредусмотренных (вредных) действий (например, загрязнение, избыточная влага и т.п.).

# Оценка значимости потенциальных несоответствий

Последствие	Критерий значимости последствия		Балл S
	Конечный потребитель	Производство/сборка	
Опасное без предупреждения	Очень высокий ранг значимости, когда вид потенциального <i>дефекта (несоответствия)</i> ухудшает безопасность работы транспортного средства и (или) вызывает несоответствие обязательным требованиям безопасности и экологии без предупреждения.	Может подвергнуть опасности персонал у станка или на сборке без предупреждения.	10
Опасное с предупреждением	Весьма высокий ранг значимости, когда вид потенциального <i>дефекта (несоответствия)</i> ухудшает безопасность работы транспортного средства и (или) вызывает несоответствие обязательным требованиям безопасности и экологии с предупреждением.	Может подвергнуть опасности персонал у станка или на сборке с предупреждением.	9
Очень важное	Транспортное средство/узел неработоспособны с потерей главной функции. Потребитель очень недоволен.	Большое нарушение производственной линии. Может браковаться до 100% продукции или ремонт занимает более часа.	8

# Оценка значимости потенциальных несоответствий

<b>Важное</b>	Транспортное средство работоспособно, но с пониженной эффективностью. Потребитель неудовлетворен.	Небольшое нарушение производственной линии. Может потребоваться сортировка продукции, когда часть ее бракуется или ремонт от 0.5 до 1 часа.	7
<b>Умеренное</b>	Транспортное средство/узел работоспособны, но некоторые системы комфорта и удобства не работают. Потребитель испытывает дискомфорт.	Небольшое нарушение производственной линии. Часть продукции необходимо забраковать (без сортировки) или ремонт менее получаса.	6
<b>Слабое</b>	Транспортное средство/узел работоспособно, но некоторые системы комфорта и удобства работают с пониженной эффективностью. Потребитель испытывает некоторое неудовлетворение.	Небольшое нарушение производственной линии. Может потребоваться переделка до 100% продукции или ремонт на месте.	5
<b>Очень слабое</b>	Изделие пригодно, но отделка и шумность изделия не соответствуют ожиданиям потребителя. Этот дефект (несоответствие) замечает большинство потребителей (более 75%).	Небольшое нарушение производственной линии. Может потребоваться сортировка и частичная переделка продукции.	4

# Оценка значимости потенциальных несоответствий

Незначительное	Изделие пригодно, но отделка и шумность не соответствуют ожиданиям потребителя. Дефект (несоответствие) замечает 50% потребителей.	Небольшое нарушение производственной линии. Может потребоваться переделка части продукции на специальном участке.	3
Очень незначительное	Изделие пригодно, но отделка и шумность не соответствуют ожиданиям потребителя. Дефект (несоответствие) замечает разборчивый потребитель (менее 25%).	Небольшое нарушение производственной линии. Может потребоваться доработка части продукции на основной технологической линии.	2
Отсутствует	Никакого заметного последствия.	Легкое неудобство для оператора	1

# Оценка возникновения ВОЗМОЖНЫХ причин

Вероятность несоответствия	Возможная частота несоответствия	Индекс Ppk	Балл O
<b>Очень высокая: постоянные несоответствия</b>	> 100 на 1000	< 0,55	10
	50 на 1000	> 0,55	9
<b>Высокая: частые несоответствия</b>	20 на 1000	» 0,78	8
	10 на 1000	» 0,86	7
<b>Умеренная: случайные несоответствия</b>	5 на 1000	» 0,94	6
	2 на 1000	» 1,00	5
	1 на 1000	» 1,10	4
<b>Низкая: относительно мало несоответствий</b>	0,5 на 1000	» 1,20	3
	0,1 на 1000	» 1,30	2
<b>Малая: несоответствие маловероятно</b>	< 0,01 на 1000	> 1,67	1



# Оценка обнаружения ВОЗМОЖНЫХ ПРИЧИН

Обнаружение	Критерии	Типы контроля			Предполагаемые методы управления	Балл D
		A	B	C		
<b>Почти невозможное</b>	Абсолютная уверенность в необнаружении несоответствия			*	Не могут обнаружить или не проверяются	10
<b>Очень отдалённое</b>	Вероятно, контроль не обнаружит несоответствие			*	Управление достигается только непрямыми или случайными проверками	9
<b>Отдалённое</b>	У контроля мало шансов обнаружить несоответствие			*	Управление достигается только визуальным контролем	8
<b>Очень слабое</b>	У контроля мало шансов обнаружить несоответствие			*	Управление достигается только двойным визуальным контролем	7
<b>Слабое</b>	Контроль может обнаружить несоответствие с низкой вероятностью		*	*	Управление достигается контрольными картами, (SPC)	6
<b>Умеренное</b>	Контроль может обнаружить несоответствие	*	*		Управление основано на измерении переменной после выхода изделия с поста или сплошной контроль да/нет после выхода изделия с поста	5

# Оценка обнаружения ВОЗМОЖНЫХ ПРИЧИН

<b>Умеренно хорошее</b>	У контроля умеренно хорошие шансы обнаружить несоответствие	*	*		Обнаружение ошибок на последующих операциях или контроль при запуске и проверке первых изделий	4
<b>Хорошее</b>	У контроля хорошие шансы обнаружить несоответствие	*	*		Обнаружение ошибок на poste или на последующих операциях несколькими слоями приёмки: поставка, отбор, установка, проверка. Не может принять отличающуюся часть/изделие	3
<b>Очень хорошее</b>	Контроль почти наверняка обнаружит несоответствие	*	*		Обнаружение ошибок на poste (автоматический контроль с функцией автоматической остановки) Не может пропустить отличающуюся часть/изделие	2
<b>Очень хорошее</b>	Контроль наверняка обнаружит несоответствие	*			Отличающиеся изделия не могут быть изготовлены	1

# Ранжирование причин потенциальных несоответствий

- Чтобы выделить среди причин потенциальных несоответствий те, которые обязательно должны быть устранены (наиболее рисковые), производят ранжирование причин (например, с использованием диаграммы Парето).

# Разработка рекомендаций по снижению риска

- Для всех причин, имеющих значение  $ПЧР \geq ПЧР_{гр}$ , разрабатывают рекомендации, направленные на снижение риска до приемлемого уровня.
- Формулируются конкретные меры устранения выявленных потенциальных несоответствий и/или их причин, направленные на снижение показателей O, D и, соответственно, ПЧР. Предварительно по каждой причине проводится анализ и оценка возникновения и обнаружения и рассчитывается планируемое значение ПЧР.

# Оценка эффективности запланированных мероприятий

- После выполнения запланированных мероприятий команда экспертов проводит повторный анализ, выполняя оценку значимости, возникновения и обнаружения для каждой причины и рассчитывая новое значение ПЧР с учетом проведенных работ. Новые значения S, O, D и ПЧР заносятся в протокол анализа.