

Д.Ю. МУРОМЦЕВ, И.В. ТЮРИН

# УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ



ИЗДАТЕЛЬСТВО ТГТУ

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
**"Тамбовский государственный технический университет"**

**Д.Ю. МУРОМЦЕВ, И.В. ТЮРИН**

**УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ  
ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ**

**Часть 1**



---

Тамбов  
◆ Издательство ТГТУ ◆  
2005

УДК 681.31(075.8)  
ББК 32.97.  
Н82

**Муромцев Д.Ю., Тюрин И.В.**

Н82 Управление качеством электронных средств. Часть 1: Учебное пособие. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2005. 80 с.

Одобрено УМО в области автоматике, электроники, микроэлектроники и радиотехники в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по специальности 210201 и магистрантов направления 210200.

© Муромцев, Д.Ю. Тюрин И.В.,  
2005

© Тамбовский государственный  
технический университет  
(ТГТУ), 2005

Учебное издание

**МУРОМЦЕВ  
ТЮРИН**

**УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ  
ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ**

Часть 1

Учебное пособие

Редактор Е.С. Мордасова  
Компьютерное макетирование М.А. Филатовой

Подписано к печати 00.03.2005  
Формат 60 × 84 / 16. Бумага офсетная. Печать офсетная  
Гарнитура Times New Roman. Объем: 000 усл. печ. л.; 000 уч.-изд. л.  
Тираж 100 экз. С. 000<sup>М</sup>

Издательско-полиграфический центр  
Тамбовского государственного технического университета  
392000, Тамбов, Советская, 106, к. 14

## ВВЕДЕНИЕ

Основное внимание в конспекте лекций уделяется вопросам, которые потребуются студентам специальности 210201 при выполнении курсовых и дипломных проектов (работ), связанных с проектированием конкурентоспособной продукции. Материалы пособия будут полезны также при подготовке выпускных работ бакалавров и магистерских диссертаций направлений 210200. Во всех этих работах существующими требованиями предусмотрен раздел обоснования конкурентоспособности и оценки качества проектируемого электронного средства. Пособие предназначено также для студентов заочной формы обучения, систем дистанционного образования и экстерната, здесь оно необходимо для выполнения контрольных работ. Кроме того, конспект лекций может быть использован студентами других инженерных специальностей.

Отличием настоящего конспекта лекций от известных учебников [1] и других изданий [2,3], в которых рассматриваются вопросы управления качеством, являются следующие. Во-первых, в конспекте математический аппарат не ограничивается "семью инструментами контроля качества" и другими методами, рекомендуемыми американскими и японскими классиками Всеобщего Управления Качеством (ВУК) или Total Quality Management (TQM). Методы TQM разрабатывались с ориентацией на рабочих и служащих, не имеющих знаний (или достаточных знаний) в области математики, в том числе теории вероятностей и математической статистики. Во-вторых, в конспекте даются сведения и рекомендации по применению современных программных продуктов для решения задач управления качеством, что вполне естественно, так как в период формирования учения о TQM компьютерные технологии только начинали развиваться.

В-третьих, вопросы качества рассматриваются во взаимосвязи с такими актуальными современными направлениями, как управление проектами, принятие проектных и управленческих решений, инжиниринг бизнес-процессов и др.

Конспект лекций состоит из двух частей. В первой части приводятся основные понятия, определения и положения всеобщего управления качеством, достаточно подробно рассматриваются основные классические инструменты контроля качества. Вторая часть посвящена новым инструментам управления качеством, а также методам, используемым для обеспечения конкурентоспособности продукции.

### 1 Основные понятия

#### Всеобщего Управления Качеством

##### 1.1 Эволюция развития всеобщего управления на основе качества

История создания и развития подходов к управлению качеством продукции в России (СССР) и на Западе, в основном в США и Японии имеют свои особенности. До второй мировой войны и в годы войны как в России, так и на Западе интенсивно развивались научные школы в области теории вероятностей и математической статистики, использованию получаемых теоретических результатов в технических приложениях, в том числе для контроля качества продукции. Большой вклад в это внесли российские математики Марков А.А., Колмогоров А.Н., Смирнов Н.В., Дунин-Барковский И.В., Гнеденко Б.В. и многие другие. Важные результаты по теории вероятностей и математической статистики получены западными учеными Фишером Р., Нейманом Д., Крамером Г, Шухартом В.А. и др.

Мощным толчком к использованию методов теории вероятностей и математической статистики к решению задач надежности – одному из важнейших компонентов качества изделий послужило быстрое развитие радиоэлектронных средств, в частности радиолокационных станций (РЛС). РЛС, а затем и первые ЭВМ содержали тысячи электронных элементов. Эти сложные и дорогие системы, несмотря на достаточную надежность отдельно взятых элементов, часто отказывали. Решение проблемы обеспечения безотказной работы сложных систем, особенно военного назначения, приобрело стратегическое значение. Был период, когда в США работы в этом направлении носили секретный характер. В итоге некоторые результаты исследований, например, о законах распределения времени работы до отказа

электронных средств, советские и американские ученые получали независимо друг от друга. Так, двойное название носит распределение Вейбулла-Гнеденко.

После второй мировой войны в СССР в условиях планового хозяйства была создана советская научная школа обеспечения надежности и качества продукции, интенсивно выполнялись теоретические исследования в данном направлении. Это позволило нашей стране добиться больших успехов в освоении космоса, создании качественной военной техники, авиации и других областях. Вместе с тем, продукция промышленных предприятий, ориентированная на широкие слои населения, недостаточно учитывала интересы потребителей.

На Западе создание ВУК, как нового подхода к управлению любой организацией, нацеленного на качество, было связано налаживанием взаимоотношений между США и Японией. В первые послевоенные годы экономика Японии была разрушена и страна переживала жестокий кризис. Так как земля Японии мало пригодна для сельского хозяйства, в стране нет собственных природных ресурсов, то нация, чтобы не впасть в голодное существование, должна была найти эффективный выход из кризиса. Для помощи в поднятии экономики из США была направлена в Японию группа специалистов. Они проводили занятия и семинары с японскими промышленниками. Основной целью этих занятий было научить выпускать конкурентоспособную продукцию, так как японские товары того времени, хотя и достаточно дешевые, уступали по качеству американским и европейским, и не пользовались спросом на мировом рынке.

Американский профессор Эдвард У. Деминг (1900 – 1993 гг.), выступая на семинаре в 1950 г. перед руководителями более сорока крупнейших компаний Японии, сказал: "Слушайте меня, и через пять лет вы будете конкурировать с Западом. Продолжайте слушать до тех пор, пока Запад не будет просить защиты от вас" [1].

Свои идеи и накопленный опыт по ВУК Э.У. Деминг позднее сформулировал в виде 14-ти принципов (постулатов) [4].

1 Стремление к совершенствованию. "Сделайте так, чтобы стремление к совершенствованию товара или услуги стало постоянным; ваша конечная цель – стать конкурентоспособным, остаться в бизнесе и обеспечить рабочие места".

2 Новая философия. "Мы живем в новую экономическую эпоху. Руководители должны ответить на вызов этой эпохи, должны осознать свою ответственность и стать лидерами, чтобы добиться перемен".

3 Прекращение массовых проверок. "Преодолейте зависимость от контроля качества. Качество не может быть обеспечено за счет массовых проверок, оно должно быть результатом устойчивого процесса изготовления товара".

4 Осторожность при дешевых закупках. "Прекратите практику закупок на основании поиска минимальной цены, вместо этого сводите к минимуму совокупные затраты. Старайтесь иметь одного поставщика для каждой из комплектующих, работайте с ним на основе долгосрочных доверительных отношений".

5 Постоянное совершенствование систем. "Необходимо постоянно искать причины возникновения дефектов, чтобы в долгосрочном плане усовершенствовать все системы производства и оказания услуг, а также любую другую деятельность, связанную с предприятием".

6 Система подготовки кадров. "Создайте систему обучения на рабочих местах".

7 Эффективное руководство. "Необходимо применять современные методы руководства, направленные на то, чтобы помочь работникам лучше выполнять их работу".

8 Устранение атмосферы страха. "Необходимо содействовать взаимному общению и использовать другие средства для устранения страха среди работников. Тогда люди смогут эффективно работать в интересах компании".

9 Устранение барьеров. "Необходимо устранить барьеры между отдельными сферами деятельности компании, подразделениями".

10 Отказ от лозунгов. "Необходимо устранить лозунги, призывы и предупреждения. Они только вызывают противодействие, поскольку в большинстве случаев низкое качество вызвано системой, а не поведением конкретного работника".

11 Отказ от произвольно установленных норм (квот) на производстве. Изменение руководства. "Откажитесь от количественных квот для рабочих". "Откажитесь от количественных целей работы администрации".

12 Возможность гордиться своей работой. "Необходимо устранить все, что ставит под вопрос возможность каждого рядового работника и каждого менеджера гордиться своей работой".

13 Поощрять обучение. "Необходимо создать всеобъемлющую программу обучения и условия, в которых самосовершенствование становится потребностью каждого работника".

14 Преобразования – дело каждого. "Сделайте так, чтобы каждый работник участвовал в программе преобразований".

При реализации этих постулатов необходимо прежде всего уделять внимание следующим моментам:

1 Эмоциональной сфере сотрудников фирмы (устранить страх перед наказанием или увольнением, больше доброжелательности).

2 Мотивационной сфере сотрудников (отказаться от пустых лозунгов).

3 Развитию человеческих ресурсов (поощрять самообразование).

4 Взаимоотношениям между руководителями и подчиненными (руководители должны не контролировать, а помогать подчиненным в работе, осуществлять ротацию руководителей в самоуправляемых группах).

5 Взаимоотношениям между различными отделами, устранению барьеров между отделами и поощрению взаимопомощи.

Освоение методов ВУК позволило Японии уже в 60-е годы войти в число высокоразвитых стран, в мире заговорили о японском чуде.

Следует отметить, что в настоящее время подход применения положений ВУК в Японии несколько отличается от подхода в США, Европе и России, назовем последний подход традиционным.

Традиционный подход базируется на монопольном положении производителя и принципе "не хочешь – не бери, возьмут другие". Здесь используется концепция внутрифирменного планирования: изготовление продукции запрограммировано графиками запуска заготовок. Централизованный по предприятию в целом план, детально просчитывается в каждом звене, оптимизируется и превращается в детальные графики цехов и участков. Под них выстраиваются все внешние и внутренние связи (обеспечение материалами, переналадка и т.д.). Такие системы управления называют "выталкивающими" ("толкающими"), они достаточно консервативны к инновациям, плохо реагируют на изменения. Поэтому для предотвращения сбоев и простоев в ходе производства создаются страховые запасы, увеличивается незавершенное производство. Например, информационные системы класса MRP (Material Requirements Planning) можно отнести к "выталкивающим", так как важное место в ней занимает комплексный график производства.

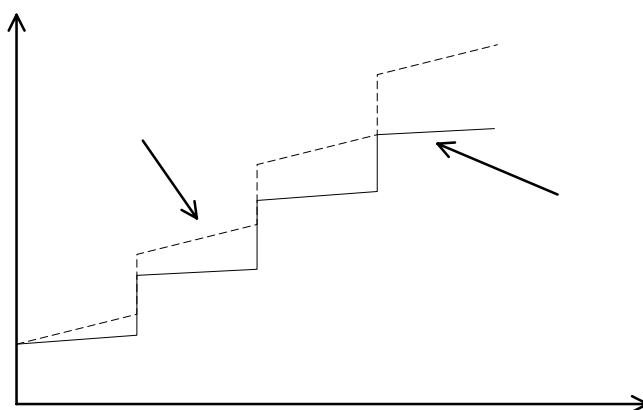
Японский подход ориентируется на каждого конкретного потребителя, он реализуется за счет напряженной подготовительной работы, в ходе которой создается большое число вариантов исполнений (модификаций), модульных решений, позволяющих учесть любые варианты вкусов потребителей. Концепция японского подхода базируется на практически полном отказе от страховых запасов. Такие системы называют "вытягивающими". При японском подходе сводный план строго не регламентирует задачи производства, он намечает лишь общую схему для проведения расчета потребности в материалах и рабочих на каждом рабочем месте.

Японский подход использует характерные особенности Японии, в том числе активизацию человеческого фактора. Например, групповое сознание, желание улучшать, усердная работа; высокий уровень квалификации как результат образованности, стремление к совершенствованию; сосредоточению повседневных жизненных помыслов вокруг работы. Это находит отражение в таких явлениях, как система пожизненного найма, возможность для рабочих продвинуться на руководящие должности и др.

Концерном "Тойота мотор корпорейшн" разработана система управления производством, которая принята многими японскими фирмами (особенно после нефтяного кризиса 1973 г.). Философия системы заключается в следующем: каждая единица продукции может быть произведена без простоев производственных мощностей и с минимальными запасами путем эффективного использования людских ресурсов, машин и материалов. Основная цель системы – снижение издержек производства за счет почти полной ликвидации излишних материальных запасов и избыточной рабочей силы. В состав системы входят:

- 1) система "точно в срок";
- 2) система "дзидока" (автономизация), т.е. система автономного контроля качества продукции непосредственно на рабочих местах;
- 3) активизация человеческого фактора для достижения поставленных целей.

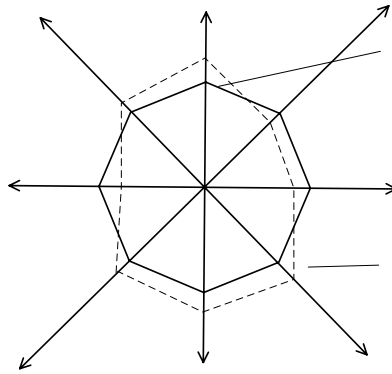
Сами японцы объясняют свои успехи и то, как они обогнали США по качеству, с помощью графика, показанного на рис. 1.



**Рис. 1 Рост качества в Японии и США**  
1.2 ТЕРМИНОЛОГИЯ

В условиях рыночных отношений качество проектируемой продукции необходимо рассматривать не обособленно, а как составную часть (компонент) конкурентоспособности. Если понятие качества четко определено действующими международными стандартами, то для термина конкурентоспособность пока нет общепринятого определения. Наиболее близко термин "конкуренция" по смыслу соответствует понятию "соревнование" по критерию лучшего соотношения выручка / издержки или превышения доходов над расходами. В соответствии с этим, конкурентоспособность товара (product kompetitive) можно рассматривать как обобщенную характеристику, которая позволяет выявлять преимущества совокупности свойств технического уровня и качества продукта перед аналогичными изделиями конкурентов. Конкурентоспособность предприятия представляет собой относительную оценку преимуществ предприятия, его продуктов и услуг, которая позволяет с большей эффективностью удовлетворять запросы потребителей [5].

Связь между терминами качество и конкурентоспособность в наиболее наглядном виде может быть представлена многоугольником конкурентоспособности, а при сравнении нескольких продуктов или предприятий – радаром конкурентоспособности (см. рис. 2).



Концепция

Ка

**Рис. 2 Многоугольники конкурентноспособная  
для предприятий (продукции) Подготовка**

Всеобщее Управление Качеством следует рассматривать как принципиально новый подход к управлению любой организацией, нацеленный на качество, он основан на участии всех ее членов и направлен на достижение долгосрочного успеха через удовлетворение требований потребителя и выгоды как для членов организации, так и общества. Таким образом, основными чертами ВУК являются долгосрочная стратегия глобального руководства организацией и участие всех ее членов в интересах самой организации, потребителей и общества в целом.

Международный стандарт ISO 8420 (ISO – The International Organization for Standardization – Международная организация по стандартам при ООН) определяет терминологию ВУК. В соответствии с этим стандартом вводится понятие объект качества. Объектом качества могут быть: 1) деятельность или процесс; 2) продукция как материальная, например, в виде технических изделий, так и не материальная, например, информация, а также комбинация из них; 3) организация, система или отдельное лицо; 4) любая комбинация из первых трех.

Внешняя  
политика

После  
обслу

Качество – это совокупность характеристик объекта, относящихся к его способности удовлетворить установленные и предполагаемые потребности. Качество продукта закладывается в процессе его разработки и производства, а оценивается при эксплуатации потребителем с помощью показателей.

Показатели качества – это параметры качества, имеющие количественные характеристики (например, масса, размеры и т.п.) или качественные характеристики в баллах, которые могут оцениваться органолептически, например, цвет и т.д.

При покупке вещи потребители учитывают: ее необходимость, соответствие их ожиданиям, имеющиеся возможности и т.д.

Согласно ISO 8420 следует различать:

- 1) управление качеством (quality control), которое касается средств оперативного характера для выполнения требований к качеству;
- 2) обеспечение качества (quality assurance), направленное на достижение уверенности в выполнении требований к качеству как внутри организации, так и у потребителей;
- 3) общее руководство качеством (quality management), включающее управление качеством и обеспечение качества, а также дополнительные понятия, в том числе политика в области качества, планирование и улучшение качества.

### 1.3 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ОСНОВА ВУК

В основе ВУК лежат теоретические результаты, полученные следующими школами учений.

1 Научное управление и администрирование (научный менеджмент) (1900 – 1930). Основателями данной школы являются Фредерик У. Тейлор, Франк Б. Гилберт, Генри Л. Гантт, Харингтон Эмерсон, А. Файоль, Макс Вебер, Оливер Шелдон и др. К важнейшим результатам этого направления следует отнести теорию менеджмента, мотивационные исследования, управление действиями и систему поощрения, эффективный инжиниринг, социальная психология, универсальную функциональную модель.



2 Человеческие ресурсы и поведенческие науки (1930 г. по настоящее время). Основатели: Элтон Майо, Честер Бернхард, Дуглас МакГрегор, Франк Абрамс и др. Важнейшие результаты: социология групп, теория организации, социологические аспекты менеджмента, искусство управления в мышлении менеджеров, теория "Х" и "У". Теория "Х": а) средний человек инертен, не любит и избегает работы; б) большинство людей надо заставлять работать, угрожать наказанием; в) средний человек предпочитает быть ведомым, не честолюбив. Теория "У": а) для среднего человека прилагать максимум физических и умственных усилий также естественно, как играть и отдыхать; средний человек любит работу; б) внешний контроль и угроза наказания не означают, усилия работающего человека будут направлены к нужной цели; в) вознаграждение для человека – факт достижения цели; г) Средний человек честолюбив, ищет ответственности; д) человек легко замечает связи, изобретателен, творчески подходит к решению проблем; е) интеллектуальные возможности среднего человека обычно исполняются неполностью.

3 Системный подход и управленческие науки (с 1950 г. по настоящее время). Основные представители: Норберт Винер, Игорь Ансофф, Джеймс Томсон, П. Лоренс, Вильям Оуги, Генри Минцберг, Майкл Портер, Торенс Дил, Алан Кеннеди и др. Представителями этой школы заложены фундаментальные основы в кибернетике, теории информации в менеджменте, системном анализе, стратегическом планировании, ситуационном управлении и других областях.

4 Теория случайностей (с 1920 г. по настоящее время). В управлении качеством широкое применение находят результаты исследований в области теории вероятностей и математической статистики, полученные многими российскими и зарубежными учеными, в том числе А.А. Марковым, А.Н. Колмогоровым, Н.В. Смирновым, И.В. Дунин-Барковским, Б.В. Гнеденко, А.В. Шухартом, Х.Ф. Доджем, Х.Ж. Ромигом, А. Уолдом, У. Вейбуллом, Р.А. Фишером.

5 Теория управления качеством и TQM. Большую роль в ее создании сыграли Э.У. Деминг, Д.Н. Джуран, К. Исикава и др.

#### 1.4 Система углубленных знаний (Profound Knowledge) для применения TQM

Термин "Система Углубленных Знаний" (СУЗ) был введен в 1989 г. Основу СУЗ составляют следующие разделы науки: системный подход, оптимизация, теория вариаций (элементы статистической теории), теория познания и психология. С учетом быстрого развития информационных технологий сюда следует включить также итологию (науку, изучающую информационные технологии).

В настоящее время системный подход рассматривается как новая научная методология, используемая в различных областях науки и деятельности человека. Системный подход – это подход к исследованию объекта (проблемы, явления, процесса) как к системе, в которой выделены элементы, внутренние и внешние связи, наиболее существенно влияющие на исследуемые резервы его функционирования, а цели каждого из элементов определены исходя из общего предназначения объекта.

К основным чертам системного подхода относятся следующие: 1) он представляет собой одну из форм методологического знания, связанную с исследованием и созданием объектов как систем; 2) иерархичность познания, требующая многоуровневого изучения предмета: "собственный" уровень – изучение самого предмета, "вышестоящий" уровень – изучение предмета как элемента более широкой системы, "нижестоящий" уровень – изучение предмета в соотношении с составляющими предметными элементами; 3) изучение интегративных свойств и закономерностей систем и комплексов систем, раскрытие базисных механизмов интеграции целого; 4) нацеленность на получение количественных характеристик, создание методов, сужающих неоднозначность понятий, определений, оценок.

Таким образом, системный подход требует рассматривать проблему не изолированно, а в единстве свя-

зей с окружающей средой, постигать сущность каждой связи и отдельного элемента, проводить ассо-

циации между общими и частными целями. Этот метод мышления позволяет гибко реагировать на изменения обстановки и принимать обоснованные решения.

Система – это сеть взаимосвязанных элементов внутри рассматриваемого объекта, которые работают совместно для достижения общей цели, стоящей перед объектом. Например, система образования, телевидения и т.п. Цель функционирования системы должна быть единой для всех элементов и быть известной каждому элементу. Цель является ценностной оценкой и носит субъективный характер. Цель должна соответствовать имеющимся ресурсам.

Оптимизация означает выполнение общей цели каждым элементом наилучшим образом. Для оптимизации система должна быть управляемой при минимальном составе руководителей. Работа каждого элемента системы должна оцениваться в зависимости от его вклада в достижение общей цели, поэтому отдельные элементы могут даже работать в убыток себе.

Одна из главных задач руководителя – правильно сформулировать цель. Например:

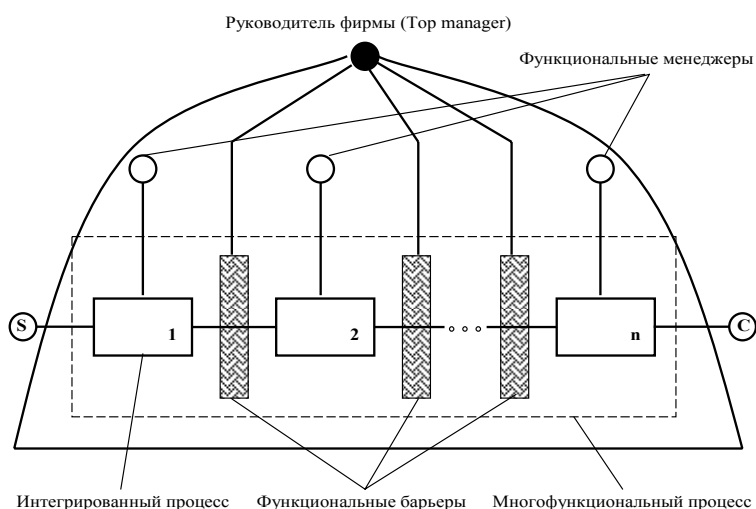
- 1) цель – максимизация объема продаж – неправильно;
- 2) максимизация ценности продукта потребителя и минимизация его стоимости (для потребителя и изготовителя) – правильно.

Другая главная задача руководителя – устранить функциональные барьеры между компонентами сети. На рис. 3 представлена порочная структура руководства фирмы с функциональными барьерами. Руководитель должен принимать решение с учетом эффекта взаимодействия элементов. Любое решение создает взаимосвязанную структуру "Выигрыш – Потеря". При оптимизации можно использовать теорию конфликта. В точной оптимизации обычно нет необходимости, на рис. 4 показаны различные подходы к оптимизации.

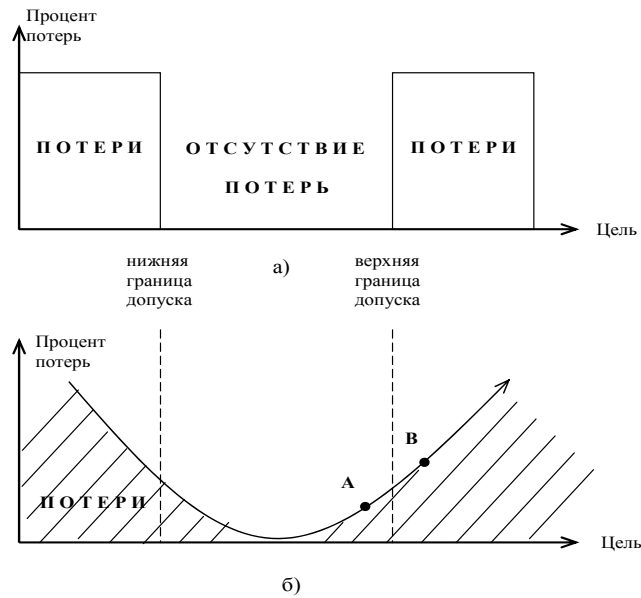
Каждый элемент должен подойти как можно ближе к оптимальному значению. Целесообразно применять параболическую функцию потерь, которая имеет минимум, а не традиционную для допусков.

Философия Тагучи заключается в следующем:

- 1) общество несет издержки за низкое качество продукции, доставленной потребителю;
- 2) чтобы остаться на рынке, надо постоянно улучшать качество;
- 3) улучшение качества должно сводиться к сокращению различий между характеристиками продукта и образцом;



**Рис. 3 Структура руководства фирмы с функциональными барьерами, содержащая интегрированные и многофункциональные процессы**



**Рис. 4 Влияние допусков на процент потерь:**

*a* – традиционный подход; *b* – взгляд Тагучи

- 4) ухудшение качества в  $n$  раз ведет к потере потребителей в  $n$  раз;
- 5) качество в основном определяется процессами проектирования и производства;
- 6) между параметрами процесса и характеристиками качества часто существует нелинейная зависимость, это можно использовать для снижения влияния различных параметров на характеристики продукта;
- 7) программу экспериментов и использовать для определения группы параметров, снижающих разброс характеристик продукта (МСБ).

Концепция "нулевых дефектов" предложена Ф. Кросби, основные положения которой заключаются в следующем:

- 1) каждый должен понимать качество как удовлетворение потребностей потребителей, а не как улучшение продукта (производства);
- 2) достижение качества представляет собой систему, направленную на предотвращение, а не на проверку и оценку;
- 3) главный ориентир в оценке качества – "нулевой дефект", неприемлемы ориентиры в виде % брака и т.д.;
- 4) "цена несоответствия" образцу – это путь к измерению качества.

Первая причина убытков – не делается работа правильно с первого раза.

Потери от плохого качества: падает объем продаж, увеличиваются lead time, затраты на гарантийное обслуживание, затраты на труд, число сбоев, затраты при задержке с доставкой.

Эти теории составляют основу всеобщего качества.

Основные положения теории вариаций:

- 1 Понимание вариаций, включающее оценку стабильности системы, представление о случаях и закономерных изменениях.
- 2 Вариации происходят постоянно в обществе, производстве, обслуживании, продукте. Что могут сказать вариации о процессах?
- 3 Понимание возможностей процесса. Какова стабильность процесса? Вероятностное распределение параметров качества продукта стабильной системы и предсказать с высокой точностью. Стабильный статистический процесс имеет определенные возможности.
- 4 Поведение процесса различно в двух случаях: стабильном и нестабильном. Ошибка в распознании этих двух состояний функционирования ведет к катастрофе.
- 5 Знание об этих различиях основано на оценке уверенного (или неуверенного) поведения управляемой системой. Стабильна ли система в статистическом смысле?
- 6 При попытках усовершенствовать процесс допускают два рода ошибок 1-го и 2-го рода:

– исправлять как закономерное изменение любые отклонения (ошибки), когда в действительности они носят случайный характер;

– рассматривать как случайное изменение какую-либо ошибку (отклонение), когда в действительности происходит закономерное изменение.

7 Знание алгоритмов действия, нацеленных на минимизацию потерь от этих ошибок (контрольные карты Шухарта).

8 Знание об интерактивном вмешательстве, которое может либо усилить воздействие, либо свести его к нулю. Эффективность системы зависит от вмешательства человека. Важны знания о зависимостях и взаимодействиях.

9 Знание о функции потерь во взаимосвязи с оптимизацией совершенствования системы. Какие характеристики качества существенно влияют на функцию потерь, а следовательно управление?

10 Знание о потерях, какие возникают при случайных воздействиях или изменениях и собственно не влияют на тенденции.

Основные положения теории познания:

1 Любой рациональный план требует прогнозирования с учетом условий поведения, сравнения процедур, материалов и т.д.

2 Заявления, в каких отказываются от предсказаний или объяснений событий в прошлом, не помогут при управлении системой.

3 Основываясь только на эксперименте, без теории, ничего нельзя изменять и изучать.

4 Интерпретация данных теста (эксперимента) – это предсказание, которое сильно зависит от знаний объекта. Если процесс статистически определен, то статистика дает предсказание.

5 В чем различие между изучением и теоретическим анализом проблем? Изучение дает информацию об окружении. Теория испытаний и проведение эксперимента есть изучение. Интерпретация результатов эксперимента может быть ошибочна. Предсказание поведения процесса – это выбор. Выбор есть предсказание.

6 Практические примеры не помогут, пока не будут изучены теоретически; копирование примеров успехов без осмысления могут привести к отрицательным последствиям.

7 Взаимосвязи и переговоры необходимы для оптимизации.

8 Количество положительных примеров не обосновывает теорию, а один необъяснимый "провал" (пример) теории требует ее модификации или забвения (институт Луны о двух видах энергии).

9 Нет ни одного истинного значения любой характеристики, состояния, условия, которое определяется в терминах измерения или наблюдения. Изменения в процедурах измерения (наблюдения) влекут новые значения.

10 Нет такого критерия, который являлся фактом, констатирующим эмпирическое наблюдение; любые два человека имеют разные мнения о том, что важно знать о каком-либо событии.

Психология – это наука о психическом отражении действительности в процессе деятельности человека (живущих).

Основные положения, касающиеся управления деятельности человека.

1 Психология помогает понять людей, взаимодействия между людьми и окружением, учителем и учениками, лидером и коллективом.

2 Люди различаются друг от друга. Руководитель должен знать об этих различиях, способностях и склонностях каждого, использовать возможности каждого для оптимизации процессов.

3 Люди учатся различными способами с разной скоростью: одни – читая, другие – слушая, третьи – наблюдая, рисуя образы; неподвижно или двигаясь, наблюдая за другими.

4 Руководитель силой авторитета (полномочий) должен изменять систему управления, чтобы она приносила улучшения.

5 Имеют место внутренняя и внешняя мотивации деятельности, переоценка. Внешняя мотивация это подчинение внешним силам, которое нейтрализует внутреннюю мотивацию. Оплата – не мотиватор.

Основные проявления мотивации:

- люди рождаются с потребностями в общении, быть любимыми, уважаемыми другими людьми, природная потребность для уважения и самоуважения;
- обстоятельства одних людей наделяют достоинством и самоуважением, других – нет;
- руководство, которое лишает сотрудников достоинства и самоуважения, подавляет их мотивацию;
- некоторые внешние побуждения лишают людей достоинства и самоуважения, например, из-за высокой зарплаты, сотрудники делают не правильно;
- никто не может учиться с удовольствием, если думать только об оценках (медалях), в образовании надо устранить ранжирование;
- каждый рождается с естественным стремлением к учебе и познанию, радоваться своей работе.

Психология помогает развить эти качества.

В заключение к обзору системы углубленных знаний отметим, что существует две распространенные ошибки:

- 1) применение СУЗ за счет вновь создаваемого комитета (СУЗ);
- 2) силовое навязывание изучения СУЗ менеджером.

Рассмотрим параметры качества руководителя, владеющего СУЗ:

- 1) Лидер и сотрудники понимают значение системы (СУЗ), и как должна работать группа для достижения целей;
- 2) Руководитель использует накопленный опыт для оптимизации всех усилий коллектива;
- 3) Руководитель понимает, что люди различны, пытается вызвать у каждого интерес к работе, пытается определить образование, умения, способности каждого. Совершенствование и нововведения – его цель;
- 4) Руководитель – это вечный ученик, воодушевляет людей на учебу, побуждает к семинарам, курсам, продолжению образования, поощряет образование;
- 5) Руководитель обучает (инструктирует) и консультирует, но не судит;
- 6) Руководитель понимает устойчивую систему; знает, что делать с ошибками и неудачами людей, как помочь, что делать с авариями в устойчивой системе;
- 7) Руководитель имеет три источника власти (силы): официальное положение, знания, личные качества. Использует второе, третье, и не использует первое. Первое использует, чтобы изменить систему, усовершенствовать (оборудование);
- 8) Руководитель изучает результаты, чтобы улучшить работу;
- 9) Может выяснить, кто "выпадает" из системы, нуждается в специальной помощи;
- 10) Создает доверие, свободу и нововведения (рискует);
- 11) Не ожидает совершенства, но постоянно улучшает;
- 12) Слушает и учится без передачи суждения о том, что услышал;
- 13) Понимает выгоды от сотрудничества и потери от конкуренции между сотрудниками.

Инструменты руководителя по управлению качеством:

- 1) Проверка каждой стадии "петли качества" внутри процесса.
- 2) Проверка каждой стадии жизненного цикла продукта вне "петли качества".
- 3) Проверка организации компании и управления персоналом.
- 4) Менеджер группы по улучшению качества.
- 5) Наставник по основным понятиям TQM.
- 6) Аудитор системы качества.

## ВОПРОСЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ

- 1 Какие области науки повлияли на теорию TQM.

- 2 Какие учения внесли большой вклад в TQM.
- 3 Что такое качество.
- 4 Каков цикл обеспечения качества.
- 5 Какие могут быть виды продукта.
- 6 Что означает правило 10-кратных затрат.
- 7 Какие этапы жизненного цикла.
- 8 Какие разделы науки входят в СУЗ.

## **2 КОНЦЕПЦИЯ И ПРИНЦИПЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ**

Всеобщее управление на основе качества – это философия организации, которая основана на стремлении к качеству и практике управления, которая приводит к всеобщему качеству, отсюда качество – это не то, что приходится отслеживать или добавлять на каком-то этапе производственного процесса, это сама сущность организации.

Философия ВУК наиболее полно отражена в следующих принципах:

- 1 Ориентация организации на заказчика;
- 2 Ведущая роль руководства;
- 3 Вовлечение сотрудников;
- 4 Процессный подход;
- 5 Системный подход к управлению;
- 6 Подход к принятию решений, основанный на фактах;
- 7 Отношения с поставщиками;
- 8 Минимизация потерь, связанных с некачественной работой.

### **2.1 PDCA – цикл (повторяющееся усовершенствование)**

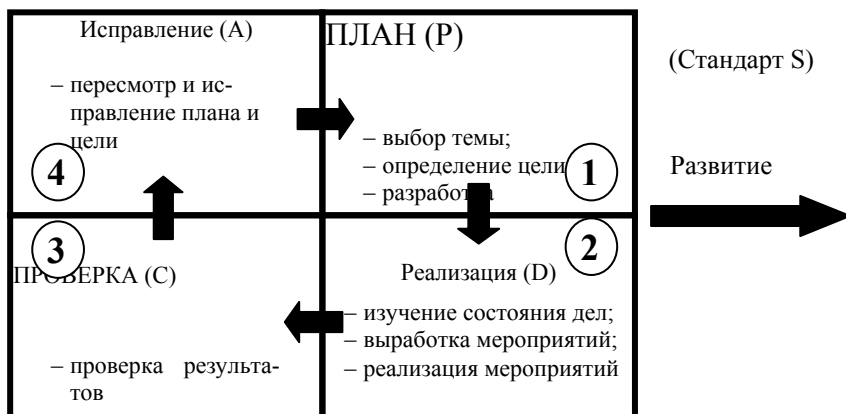
Одним из главных в развитии качества является принцип непрерывного усовершенствования. Практическое воплощение он находит в реализации знаменитого цикла PDCA (от английских слов: plan – планировать, do – делать, check – проверять, act – действовать), разработанного Э. Демингом.

Если качество можно контролировать, то им можно и управлять. Стратегию управления можно сформулировать следующим образом: по выборочным данным надо обнаружить отклонение показателей качества от запланированных значений, определить причину отклонения (при производстве), скор-

ректировать режим, далее после корректировки процесса вновь проверить показатели качества (см. рис. 5). Данный принцип символизирует бесконечность процесса усовершенствования.

Первый принцип ВУК "Ориентация организации на заказчика" находит свое практическое воплощение в концепции "market in" (дословно: "рынок в"), которая предполагает мысленное включение потребителя внутрь компании. Эта концепция полностью противоположна концепции "product out", то есть ориентации на выпуск продукции.

Традиционно принято считать, что работа выполнена хорошо, если продукция выпущена в соответствии с регламентом и работает в соответствии со своими заявленными рабочими характеристиками. При этом если продукция потребителю не нравится, то считается, что он ничего в ней не понимает, не знает, чего хочет на самом деле. Такой подход широко распространен, например, в моде.



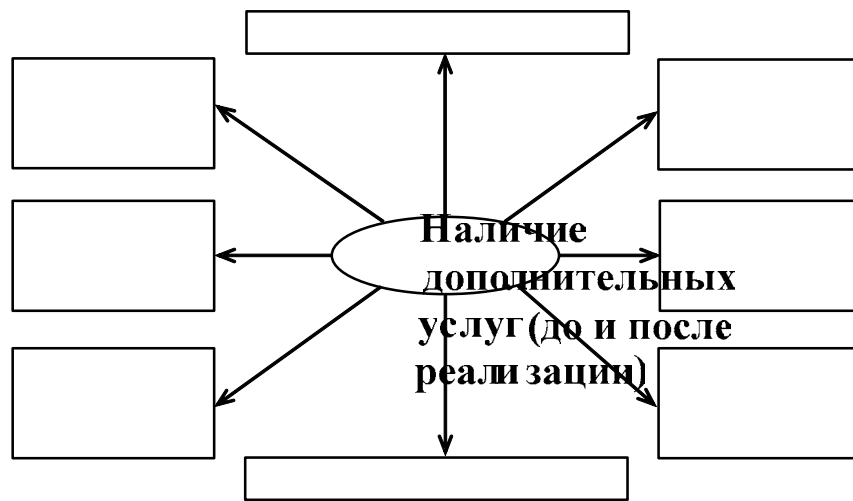
**Рис. 5 PDCA-цикл (цикл Деминга)**

Концепция "market in" изменяет приоритеты в работе сотрудников компании. Компания, работающая по этому принципу, провозглашает удовлетворение потребителя главной целью работы каждого работника. Следует заметить, что потребителем здесь может являться не только покупатель продукции компании, но и тот, кто выполняет следующее звено в производственной цепи внутри компании.

## 2.2 ХАРАКТЕРИСТИКИ КАЧЕСТВА

Качество оценивается совокупностью характеристик (см. рис. 6), важнейшей из которых является надежность.

Надежность – свойство продукта сохранять значения своих параметров качества в определенных пределах, ожидаемых потребителем, в течение определенного (гарантированного производителем) времени и при определенных (заранее установленных потребителем и производителем) условиях эксплуатации. Составляющие надежности: безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость. Количественно надежность характеризуется системой показателей. В документах обычно указы-



а)

Функциональ

Безопасность

ИЗ



б)

б)

Эстети

**Рис. 6** Характеристики качества изделий (а) и услуг (б)

вают среднее время безотказной работы и гарантированный срок службы. Реальный срок службы обычно больше, он создает имидж фирме-производителю.

Важное значение имеют показатели ремонтпригодности и сохраняемости. Для изделий важную роль играет бездефектность. Дефект есть несоответствие какого-либо неосновного параметра качества продукта требованиям потребителя. Различают:

1) внутренний (скрытый) дефект, когда из-за несовершенства контроля качества производства дефект попадает в готовую продукцию и затем потребителю, продукты с такими дефектами называют потенциально ненадежными; полностью внутренний дефект исключить нельзя;

2) внешний дефект, выявляемый в результате разовых замеров параметров качества при контроле производства и готовой продукции; эти дефекты надо стремиться исключить полностью, причем на ранних стадиях производства.

К числу новых показателей качества для изделий относятся безопасность эксплуатации, эстетические свойства (дизайн), экологичность, наличие дополнительных услуг (дореализационное и послереализационное обслуживание).

Основными показателями качества услуг являются окружающая среда (обстановка, персонал), надежность (исполнительность и доверие к результатам), психологические свойства, вежливость и отзывчивость, коммуникабельность, доступность (легкость установления связи с поставщиком), гарантия того, что в случае плохой услуги она будет заменена на хорошую.



## 2.3 ЦЕННОСТЬ ПРОДУКТА

Ценность продукта – это совокупность ожидаемых потребителем параметров качества необходимого ему продукта и их значения, удовлетворяющие его запросам. Взгляды производителя и потребителя на ценность ( $V$ ) и дефектность продукта различаются (см. рис. 7, 8).

Ценность продукта  $V$  (Value) определяется:

- 1) степенью необходимости для потребителя;
- 2) уровнем качества.

На решение потребителя о покупке продукта влияют помимо качества:

- уверенность в поставщике;
- доверие к качеству (информация, реклама);

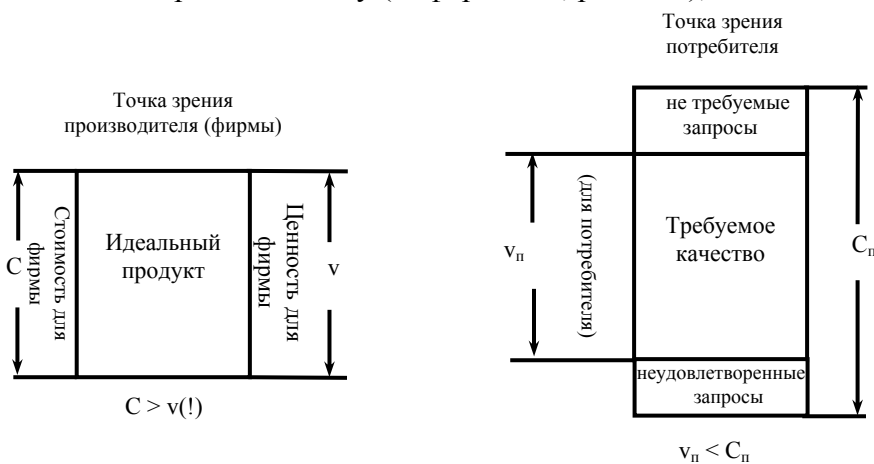


Рис. 7 Ценность продукта с точек зрения производителя и потребителя

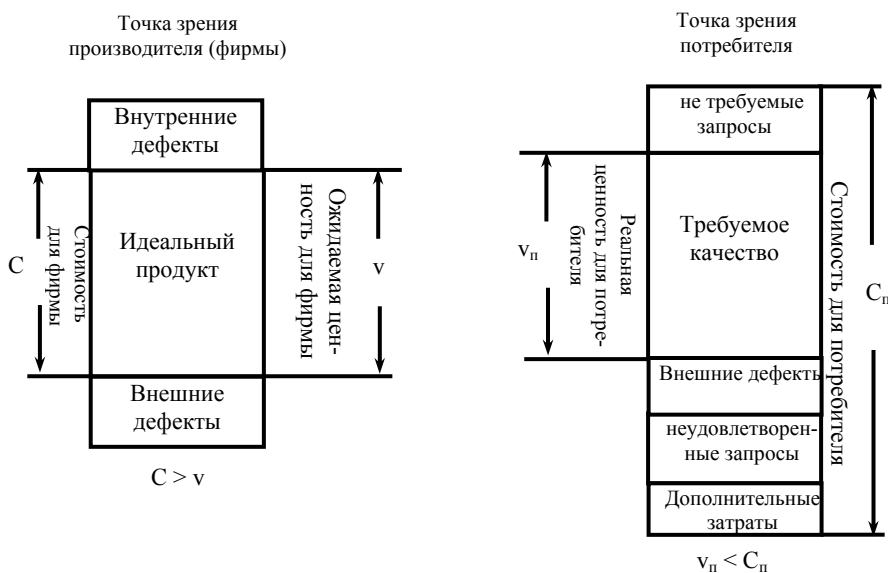


Рис. 8 Дефектность продукта с точки зрения производителя и потребителя

- информация от других потребителей;
- опыт использования подобного продукта.

Окончательное решение потребитель принимает с учетом стоимости (С) продукта и затрат при его эксплуатации.

Точки зрения производителя и потребителя на стоимость различаются и зависят от затрат производителя на обеспечение требуемого качества (реальная стоимость производителя) и затрат потребителя (реальная стоимость потребителя).

Ожидаемая стоимость продукта – стоимость при реализации требуемых параметров качества. Реальная стоимость С (Cost) – стоимость с реализованными параметрами качества. Для производителя ожидаемая стоимость рассчитывается по формуле:

$$C = \text{прибыль} + \text{затраты на рабочую силу} + \text{материалы} + \text{накл. расходы}$$

Для потребителя ожидаемая стоимость – это стоимость ценного V (правильно сделанного), бездефектного (хорошо сделанного) продукта, выполненного с первого раза (без переделок, исправлений).

Потребители пользуются продуктом, если их удовлетворяют V (ценность и качество) и С (стоимость).

Удовлетворенность потребителя CS (Customer's Satisfaction) равна

$$CS = V/C. \quad (1)$$

Здесь возможны три ситуации:

- 1)  $V = C$ ,  $CS = 1$ , т.е. нейтральная, здесь ожидания потребителя оправдались и производитель оправдал затраты;
- 2)  $V > C$ ,  $CS > 1$ , потребитель удовлетворен, производитель заинтересован получить большую прибыль;
- 3)  $V < C$ ,  $CS < 1$ , потребитель неудовлетворен, компания теряет покупателей.

## 2.4 КАЧЕСТВО И ЭТАПЫ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

Качество продукта закладывается на всех этапах ЖЦ, чем раньше корректировка, тем меньше времени и средств затрачивается на качество, и наоборот.

Этапы ЖЦ часто отражают петлей качества (см. рис. 19).

Схема укрупненных этапов ЖЦ приведена на рис. 9.

ЖЦ:

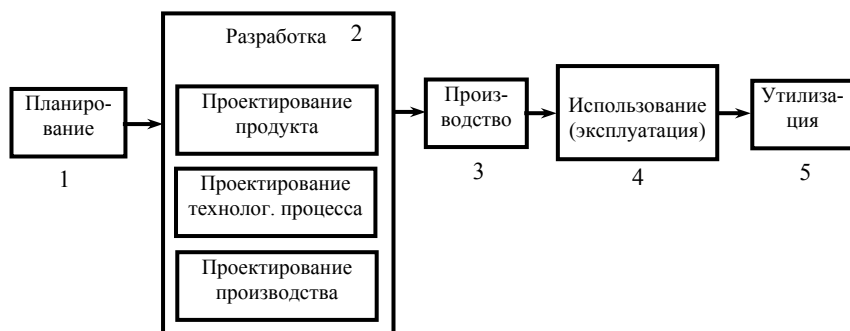
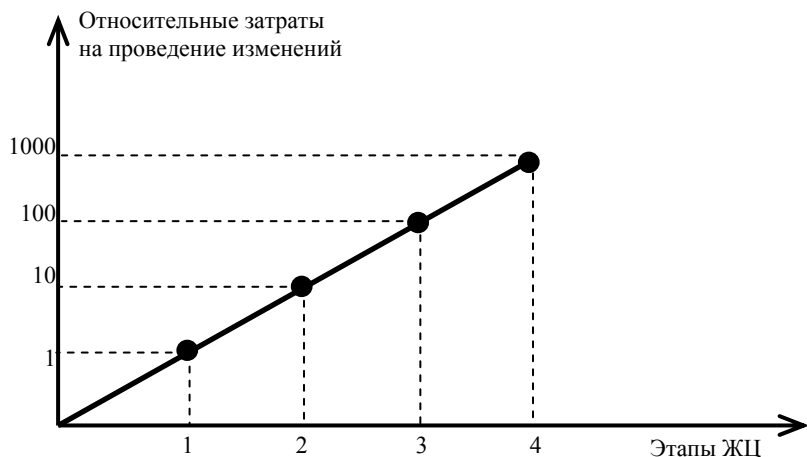


Рис. 9 Схема укрупненных этапов ЖЦ

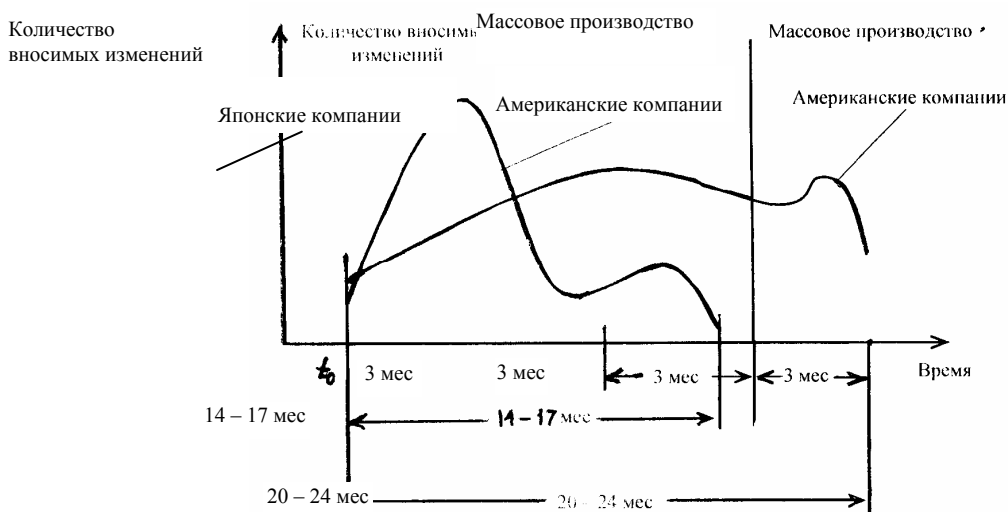
Затраты на корректировку при переходе от одного этапа ЖЦ к последующему возрастает примерно в 10 раз (на порядок), т.е. выполняется "правило 10 кратных затрат" (см. рис. 10).

Японцы говорят: "Надо не исправлять брак, а не делать брак. Это значительно дешевле, а значит, выгоднее".



**Рис. 10 Затраты на корректировку при переходе от одного этапа ЖЦ к другому**

Этим объясняется сравнительно низкая себестоимость японской продукции при высоком качестве. В качестве примера на рис. 11 показаны распределения вносимых изменений японских и американских автомобильных фирм.



**Рис. 11 Распределения вносимых изменений японских и американских автомобильных фирм**

Стадия разработки является основной, когда начинают "считать время и деньги".

Основные составляющие качества для производителя:

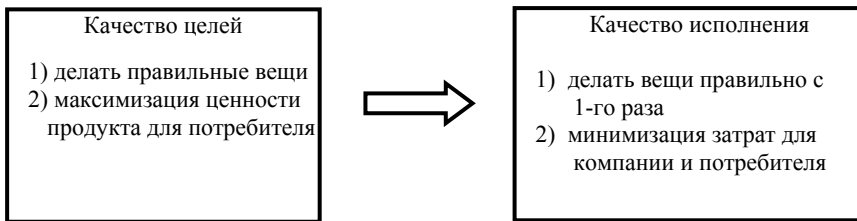
- 1) определение потребностей рынка (надо найти своих потребителей);
- 2) качество проектирования;
- 3) качество процесса производства;
- 4) соответствие качества конечной продукции проекту;
- 5) качество послепродажного обслуживания.

Вложение средств в обеспечение этих составляющих наиболее выгодно.

Успех фирмы зависит от того, насколько точно и быстро фирма сможет выполнить качество целей в качество исполнения (см. рис. 12).

Качество планирования оценивается следующим:

- 1) максимизация ценности продукта для потребителя;
- 2) качество собранной информации (достоверность);
- 3) исследование рынка и анализ конкурентов (маркетинг);
- 4) оптимальное планирование финансовых средств и ресурсов.



**Рис. 12 Зависимость успеха фирмы от точности и скорости выполнения качества целей в качество исполнения**

Качество разработки зависит от качества целей, при этом требуется разработка конструктивно-технологической и нормативной документации, которая позволит организовать производство продукта с максимальной ценностью для потребителя и минимальной стоимостью для потребителя и изготовителя (за счет минимизации издержек на исправление брака).

Для процесса разработки (проектирования) выделяют три фазы:

- 1) системное проектирование (творческая фаза), техническое и технологическое воплощение идеи;
- 2) параметрическое планирование – идея воплощается конкретными значениями параметров для продукта;
- 3) проектирование допусков, устанавливаются допуски на все параметры продукта и процесса производства.

При разработке процесса важно определить, каковы требования к процессу, каков порядок выполнения процесса, что и как контролировать, а также кто исполнитель, потребитель, поставщик на каждой технологической операции.

Пример для качественного проектирования: если плохо закручена гайка, то виноват не рабочий, а проектировщик, который не предусмотрел поджимающую пружину для страховки этой операции.

Варианты цепочек процессов внутри компании с учетом отношений между отделами:

– отделы связаны

$$CS = \frac{V \uparrow}{C \uparrow} = \frac{v_1 + v_2 + \dots + v_m}{c_1 + c_2 + c + \dots + c_m}; \quad (2)$$

– отделы не связаны

$$CS = \frac{v_1}{c_1} + \dots + \frac{v_m}{c_m}; \quad (3)$$

– частичная взаимосвязь

$$CS = \frac{v_1 + v_2}{c_1 + c_2} + \frac{v_2 + v_3}{c_2 + c_3} + \dots \quad (4)$$

При проектировании процесса важны 4 элемента:

1) оборудование, обычно выбирается то, которое есть на предприятии, лучше применять высоко-технологическое, которое позволит осваивать новые технологии;

2) кадры, основное вложение инвестиций надо направлять на переобучение и побуждение рабочих работать более качественно;

3) методы, процедуры, т.е. на порядок и содержание выполнения работы;

4) стандарты по качеству и эффективности.

Основной принцип ВУК – удовлетворение в равной мере требований внутренних потребителей (в самой компании) и внешних потребителей (вне компании).

## 2.5 КАЧЕСТВО И КОНКУРЕНТНАЯ БОРЬБА

В зависимости от соотношения ценности продукции  $v$  и ее стоимости возможны три пути конкурентной борьбы:

1 Конкуренция за счет снижения цен при общем невысоком качестве продукции. Это возможно при  $V > C$ . Такой период был после Второй Мировой войны. Для этой ситуации удовлетворенность потребителя определяется соотношением

$$CS = \frac{V \downarrow}{C \downarrow}. \quad (5)$$

Это характерно для производства с устаревшей технологией.

2 Второй путь ориентирован на повышение качества (ценности)  $V$  и стоимости  $C$ , т.е.

$$CS = \frac{V \uparrow}{C \uparrow}. \quad (6)$$

Такой период характерен для насыщения рынка и повышения жизненного уровня (60-е гг.). Производитель повышает ценность  $V$  за счет новых технологий и качественного сырья, сужения специализации и расширения ассортимента, повышения качества продукции.

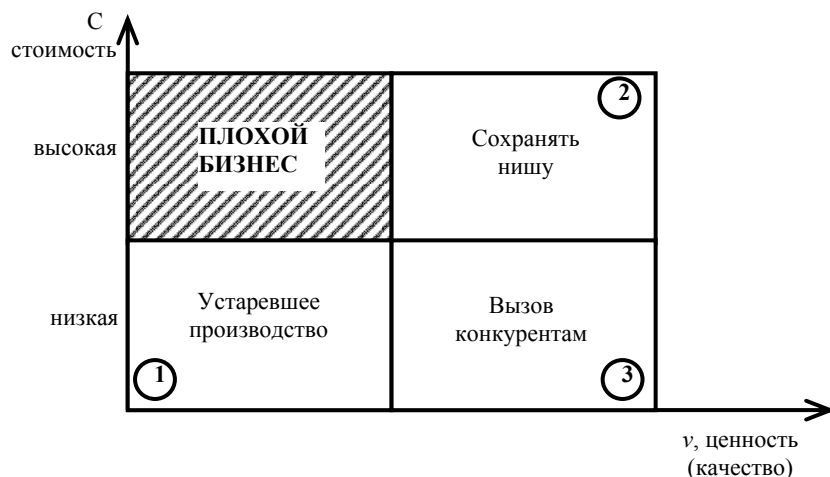
Это характерно для ситуации  $V \approx C$ . Такая стратегия обеспечивает стабильную и долговременную прибыль.

Некоторые фирмы "делают вызов", чтобы закрыть нишу конкурента, это показано на рис. 13.

3 Третий путь характерен для конкуренции в условиях насыщенного рынка, начался после 70-х гг. Пионером выступила Япония: "Высокое качество при низких ценах". Здесь удовлетворенность потребителя равна

$$CS = \frac{V \uparrow}{C \downarrow}. \quad (7)$$

Здесь используются методы оптимизации и ВУК с концепцией: "качество исполнения при минимальных затратах для потребителя" вместо старой концепции "качество исполнения при минимальных затратах для компании-производителя".



### Рис. 13 Влияние качества и стоимости на возможность производства

Большую роль на потребителя оказывает имидж компании, который может быть объективным (высокое качество подтверждается длительное время и всеми) и субъективным, основанным на прошлом собственном опыте.

В этом случае вместо (5) используется

$$CS = K_i \frac{V}{C}, \quad (8)$$

где  $K_i$  – коэффициент имиджа, его определяют путем опроса методами ранговой корреляции.

Трудности: о низком качестве сообщают только 4 % потребителей, а говорят примерно 10 другим, причем возвращается за продуктом 1 из 10 неудовлетворенных потребителей.

Чтобы завоевать нового потребителя, надо затратить в 5 раз больше усилий по сравнению с тем, чтобы удержать старого.

## 2.6 ПРОЦЕСС И ЕГО КАЧЕСТВО

Процесс (модель процесса) с системных позиций представляет собой совокупность взаимосвязанных ресурсов и деятельности, которые преобразуют вход процесса в его выход (см. рис. 14).

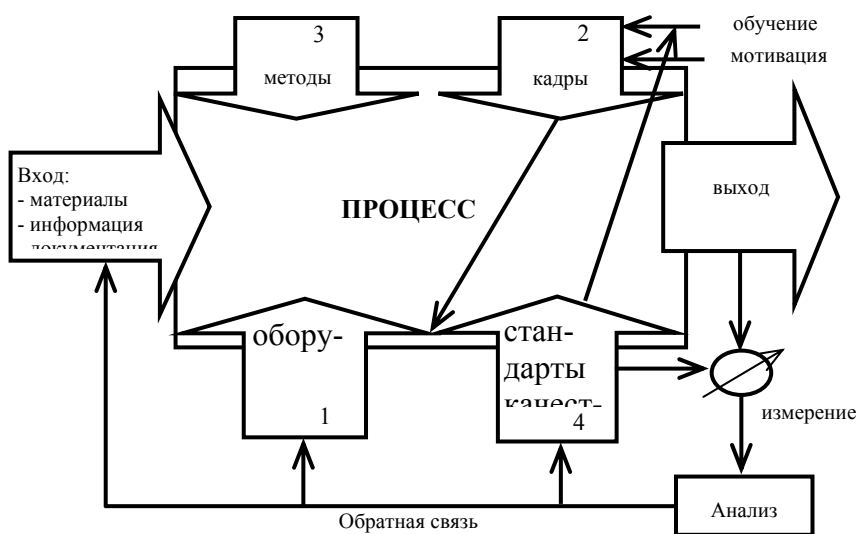
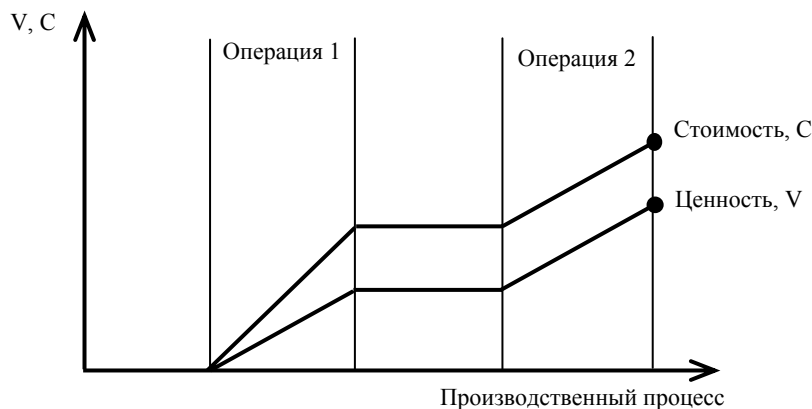


РИС. 14 МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА

При проектировании процесса важное значение имеют 4 элемента:

- 1) оборудование (высокотехнологическое);
- 2) кадры (инвестировать обучение и побуждение);
- 3) методы, процедуры;
- 4) стандарты по качеству и эффективности.

Основная цель процесса – добавление ценности продукта при минимальных затратах на каждой операции (см. рис. 15).



**РИС. 15 ДОБАВЛЕНИЕ ЦЕННОСТИ ПРОДУКТА НА КАЖДОЙ ОПЕРАЦИИ**

Характеристиками качества процесса являются:

- 1) результативность – степень соответствия готового продукта – проекту (образцу), она достигается: качеством продукта (бездефектностью), пунктуальностью исполнения, временем исполнения заказа;
- 2) эффективность  $E$ , которая показывает, как хорошо используются выделенные (имеющиеся) ресурсы,

$$E = \text{выход} / \text{вход} .$$

Определяется через затраты времени и ресурсов, иногда приравнивают к производительности (чел/час), например, если установка работает не 10 (как предусмотрено проектом), а 8 часов в день, то  $E = 8/10 \cdot 100 \% = 80 \%$ . Эффективность достигается оптимизацией затрат и уменьшением времени.

- 3) гибкость (эластичность, способность к адаптации) – приспособляемость к изменениям условий за счет внешних и внутренних причин, достигается оптимизацией, т.е. откликом на изменения требований рынка.

Например, фирме Olivetti раньше требовалось 3 года на разработку плюс 1,5 года на изготовление, после внедрения ВУК – 9 месяцев на все.

Для снижения дефектов и издержек производителя вводится поэтапный контроль, который ничего не добавляет в ценность продукта с точки зрения запросов потребителя, но уменьшает издержки производителя на исправление брака.

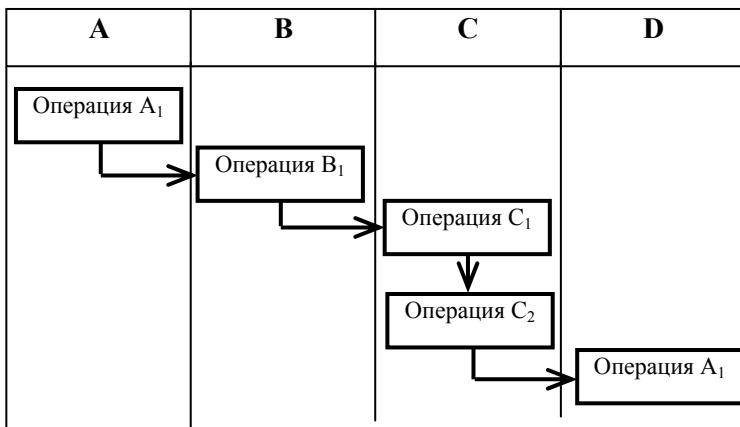


**РИС. 16 СОСТАВЛЯЮЩИЕ ХАРАКТЕРИСТИК КАЧЕСТВА**

Планирование процесса включает:

- 1) определение потребителей (круга);
- 2) уточнение целей потребителей и выходных целей процесса;
- 3) требование к поставщикам и сырью;
- 4) цели по эффективности (материальные затраты и время);
- 5) проектирование процесса (последовательность работы, персонал, оборудование, технология);
- 6) разработку системы контроля (обратная связь);
- 7) проверку правильности проектирования по результатам запуска процесса.

Нужна четкая диаграмма процесса, например, двумерная диаграмма.



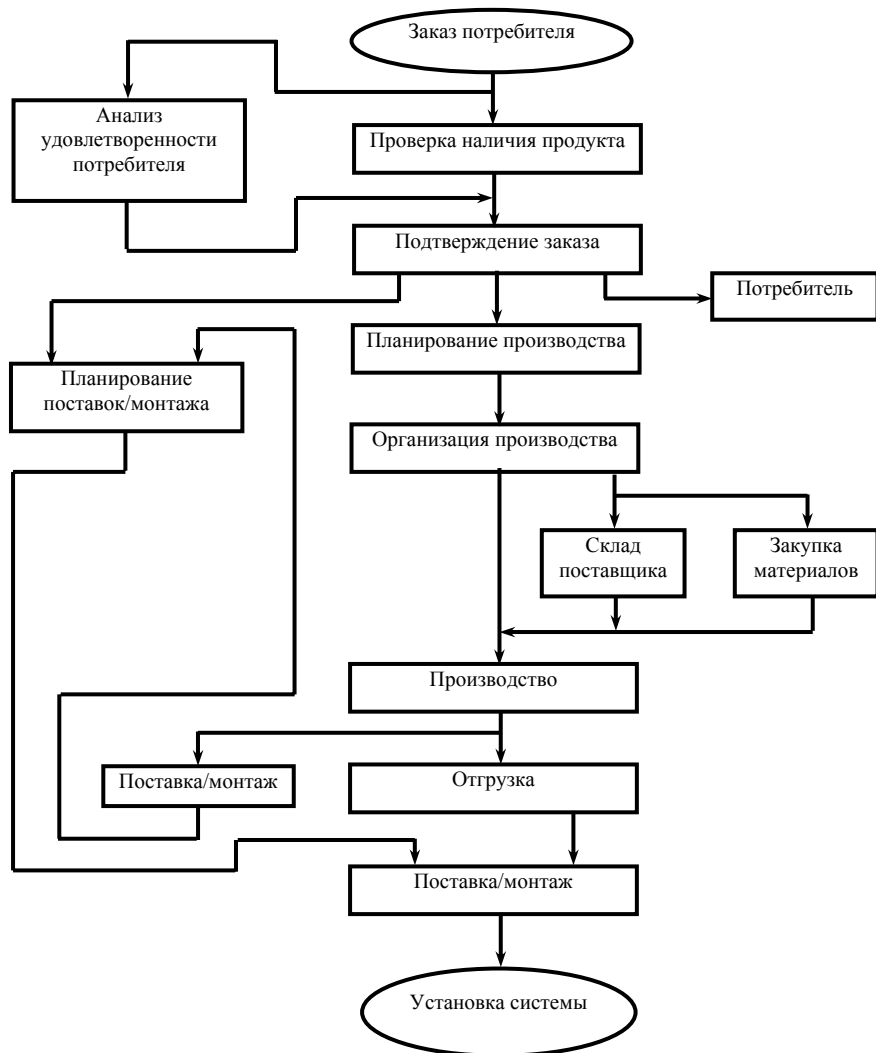
**РИС. 17 ДВУМЕРНАЯ ДИАГРАММА ПРОЦЕССА**



На этапе обеспечения качества процесса производства важнейшим инструментом является Статистический Контроль Производства (СКП) – Statistical Process Control (SPC). Успеха достигают производители, у которых lead time минимально при максимальной ценности продукта для потребителя. Схема процесса lead time представлена на рис. 18.

Качество эксплуатации предполагает послепродажное обслуживание и качество информации о мнении потребителя относительно ценности продукта.

Особенно важно для наукоемких продуктов. Нужна уверенность, что будет помощь при эксплуатации.



**РИС. 18 СХЕМА ПРОЦЕССА LEAD TIME**

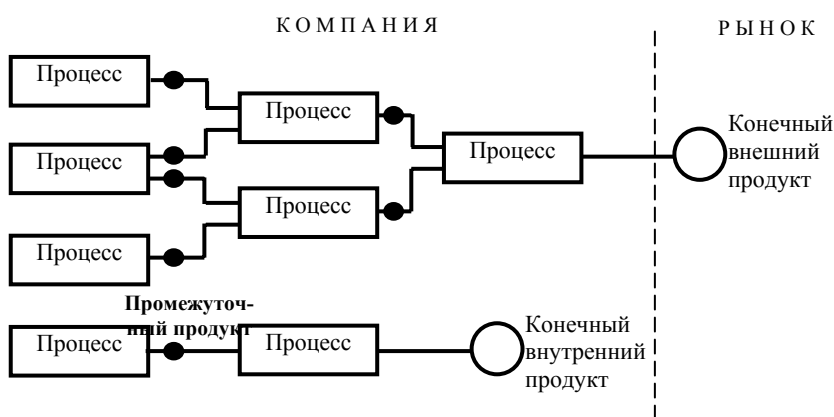
Качество утилизации и переработки продукта после использования предполагает решение вопросов экономики и экологии.

Этапы ЖЦ отражаются петлей качества (см. рис. 19):



**РИС. 19 ЭТАПЫ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА**

Качество продукта, определяющее его ценность для потребителя является результатом каждого про-



цесса, как внутри компании, так и вне ее. На рис. 20 показана схема контроля.

**РИС. 20 СХЕМА КОНТРОЛЯ**

## 2.7 МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ

Существуют две точки зрения, что такое процесс:

- 1) процесс – это организация ресурсов;
- 2) процесс – это организованная деятельность (TQM).

Процессный подход – применение в организации системы процессов (наряду с определением и взаимодействием этих процессов), а также их менеджмент.

Процесс – совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих видов деятельности, преобразующих вход в выход (ИСО 9000.2000) (система деятельности, которая использует ресурсы для преобразования входных потоков в выходные).

К основным процессам следует отнести процессы, в результате которых производятся продукты (услуги) для потребителя и которые создают прямую ценность для потребителя (Resomate АВ). К поддерживающим процессам – процессы, необходимые для функционирования основных процессов и которые создают косвенную ценность для потребителя. Субпроцессом называется процесс, являющийся составной частью процесса более высокого уровня. Модель процесса – описание процесса, которое от-

ражает с необходимой степенью приближения сам процесс. Шаг процесса – термин для обозначения какого-либо действия (работы, этапа subprocessa) в рамках процесса. Структура процесса – состав шагов процесса, их последовательность и взаимодействие друг с другом и с другими процессами. Определение процесса – установление состава процессов системы менеджмента качества (СМК) и разработка моделей процессов, отражающих структуру процесса, ресурсы для обеспечения надлежащего функционирования процессов, индикаторы для оценки эффективности и результативности процессов в рамках СМК, методы измерения индикаторов, их анализа и применения в целях управления. Процессом СМК называется процесс, необходимый для системы менеджмента качества.

К ресурсам относятся материальные и нематериальные компоненты, необходимые для преобразования входных элементов в выходные в соответствии со спецификацией выходящих элементов; содействующие факторы, не преобразуемые, чтобы стать выходным потоком, в том числе персонал (индивидуумы или группы), оборудование, материалы, помещения и окружающая среда.

"Владелец" (хозяин) процесса – должностное лицо, несущее ответственность за организацию, надлежащее функционирование и результаты процесса. Оператор процесса – лицо, уполномоченное контролировать процесс и вносить изменения в процесс. Поставщик процесса – лицо, уполномоченное предоставлять входные потоки для процесса. Потребитель процесса – лицо, уполномоченное получать выходные потоки из процесса.

Продукция – результат процесса (материальная продукция, перерабатываемые материалы, интеллектуальная продукция и услуги).

Входные потоки – материалы и/или информация, преобразуемые процессом для создания выходных потоков. Выходные потоки – результат преобразования входных потоков, в том числе то, что соответствует требованиям, то, что не соответствует требованиям, отходы, информацию о процессе.

Управляющие воздействия – входные потоки, определяющие, регулирующие и/или влияющие на процесс, а также (в том числе процедуры, методы, планы, стандартные методики) стратегию и законодательство.

Выделяют две основные категории процессов:

1 Процессы ЖЦ продукции, в том числе: маркетинг, проектирование и разработка продукции, проектирование и разработка процессов производства, закупки, производство или предоставление услуг, контроль готовой продукции, упаковка и складирование, сбыт и продажа.

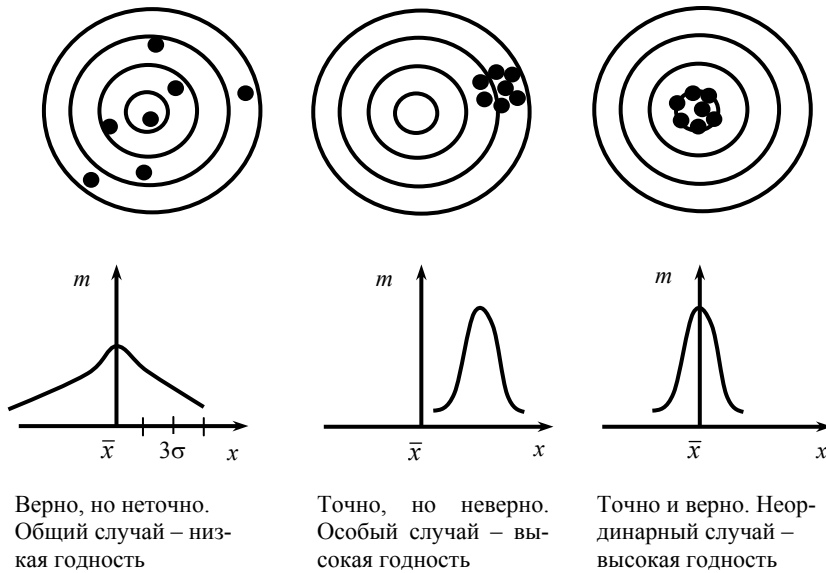
2 Вспомогательные процессы, поддерживающие процессы ЖЦ продукции, в том числе управление материальными потоками, планирование, техническое обслуживание и ремонт технологического оборудования, управление персоналом, финансовый менеджмент, управление информационными потоками.

Процессы детализируются по уровням в зависимости от целей и задач предприятия, а также в соответствии с требованиями нормативной документации. Процессы можно делить по уровням дерева процессов.

### **3 СЕМЬ ОСНОВНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА**

#### **3.1 ИНСТРУМЕНТЫ СТАТИСТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ПРОЦЕССА**

Важный принцип ВУК – в основе принятия решений находятся факты, статистический материал, а не интуиция. Вопросы сбора, обработки и анализа фактов решаются методами математической статистики. Пример оценки результатов стрельбы со статистических позиций показан на рис. 21.



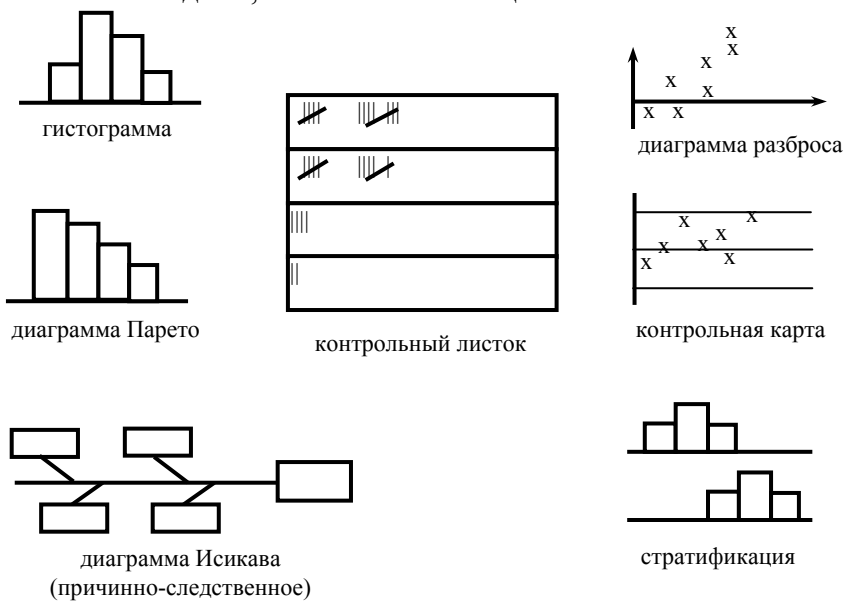
**Рис. 21** Пример оценки результатов стрельбы со статистических позиций

Из большого числа методов математической статистики японцы (профессор Исикава) отобрали семь, которые превратили в эффективные инструменты контроля качества, для их использования не требуется специальной математической подготовки (см. рис. 22). К таким методам относятся:

- 1) контрольный листок;
- 2) контрольная карта;
- 3) гистограмма;
- 4) диаграмма разброса (рассеяния);
- 5) диаграмма Парето;
- 6) стратификация (расслоение);
- 7) диаграмма Исикава (причинно-следственная диаграмма).

Эти семь инструментов являются необходимыми и достаточными для производства и позволяют решить до 95 % проблем.

Японцы ставят цель: каждого рабочего сделать инженером, а инженеров, не знакомых со статистическими методами, не считать полноценными



**РИС. 22** СЕМЬ ИНСТРУМЕНТОВ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА

специалистами. Большую роль играют кружки качества, где обучаются рабочие, инженеры и бизнесмены. Деминг писал: "...японский бизнесмен никогда не считает себя слишком старым, чтобы учиться или быть невосприимчивым к знаниям". Многие фирмы тратят на обучение более 100 ч. ежегодно [4].

Основное назначение статистических методов (СМ) – контроль протекающего процесса и предоставление фактов для корректировки и улучшения процесса, т.е. это инструменты познания, а не инструменты управления. Они используются не только в производстве, но и в планировании, проектировании, маркетинге, материально-техническом снабжении и т.д. Рассмотреть события с точки зрения статистики важнее, чем знание самих методов.

Прежде чем собирать данные, надо четко сформулировать для чего и как они будут использоваться. Целями сбора данных могут быть контроль и регулирование процесса, анализ отклонений от установленных требований, контроль выхода процесса. Например, если исследуются вариации в течение дня (смены), то бесполезно собирать по одному измерению в день. При необходимости выявить источники дефектов, следует брать отдельные выборки. Разделение данных на группы и подгруппы называется расслоением или стратификацией. Если будут исследоваться зависимости, то данные надо собирать парами (тройками и т.д.). Парные данные можно анализировать с помощью диаграмм рассеивания.

Перед анализом данные следует упорядочить, в том числе:

- 1) зарегистрировать источник данных (время, оборудование и т.п.);
- 2) правильно распределить, используя формы таблиц.

Все методы анализа данных основаны на выборках. Выборка – часть данных, полученных из общей совокупности, называемой генеральной совокупностью (ГС). Если выборка хорошо представляет ГС, то ее называют представительной (репрезентативной). Упорядоченное представление данных называется ранжированием. Для получения статистического ряда надо использовать ранжирование и объединить одни и те же наблюдения, т.е. указать абсолютные частоты  $m_i$  (статистический вес) (см. табл. 1).

Таблица 1

$X$	Количество наблюдений	$m$
	I	1
	I	1
	II	2

Существуют различия для дискретных и непрерывных случайных величин. Для непрерывных случайных величин используют интервальное представление. За величину интервала (класса) принимают его среднее значение. Число классов не должно быть слишком большим (ряд невыразителен) и не должно быть малым (огрубляются свойства). Ширина класса определяется по формуле

$$|x_i; x_{i+1}| = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{K}. \quad (9)$$

Могут использоваться разные по величине классы, тогда используются не абсолютные значения  $m_i$ , а относительные частоты

$$w_i = \frac{m_i}{n}, \quad \sum w_i = 1. \quad (10)$$

К основным характеристикам статистического ряда относятся:

- 1) среднее арифметическое

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i; \quad (11)$$

2) медиана – это значение параметра, которое делит упорядоченный ряд на две равные по объему группы. В случае, если  $n$  – четное, медиана равна

$$Me_x = \frac{1}{2} (x_{n/2} + x_{n/2+1}) \quad (12)$$

при нечетном  $n$

$$Me_x = x_{n+1/2}; \quad (13)$$

3) модой  $Mo_x$  случайной величины называется ее значение, которое наиболее часто встречается в данном ряду;

4) размах варьирования

$$R = x_{\max} - x_{\min}; \quad (14)$$

5) выборочная дисперсия

$$S^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2, \text{ или } S^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 m_i, \quad n = \sum_{i=1}^K m_i; \quad (15)$$

6) коэффициент вариации, выраженный в процентах, определяющий отношение стандартного отклонения к среднему арифметическому

$$V = \frac{S}{x} 100 \%. \quad (16)$$

### 3.2 КОНТРОЛЬНЫЙ ЛИСТОК

Контрольный листок – инструмент для сбора данных и автоматического их упорядочения для облегчения дальнейшего использования собранной информации. Это бумажный бланк, на котором заранее напечатаны контролируемые параметры. В него данные заносятся с помощью простых пометок (см. табл. 2).

При сборе данных надо всегда четко определить причину и цель сбора данных, разработать стратегию процессов сбора и анализа данных, задаваться вопросами (и уметь отвечать на них) – почему?, где?, сколько?, как?, кто?, когда?, как долго?

Форму для контрольного листка можно разрабатывать самому (для каждой конкретной цели). На основе контрольного листка составляется итоговая табл. 3 суммарных отказов по деталям, элементам.

Таблица 2

Заменяемые компоненты		Частоты													
Отмечать:															
Время:															
Ремонтник															
Модель TV-1															
Интегральные схемы	<table border="1"> <tr><td>    /</td></tr> <tr><td>           </td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td>Итого:</td></tr> </table>	/					Итого:	<table border="1"> <tr><td>3</td></tr> <tr><td>12</td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td>15</td></tr> </table>	3	12				15	
/															
Итого:															
3															
12															
15															
Конденсаторы															
Сопротивления															
Переключатели															
Трансформаторы															
Модель TV-2															
Интегральные схемы	<table border="1"> <tr><td>    /</td></tr> <tr><td>            </td></tr> </table>	/		<table border="1"> <tr><td>4</td></tr> <tr><td>13</td></tr> </table>	4	13									
/															
4															
13															

Конденсаторы		
Сопротивления		
Переключатели		
Трансформаторы		
	Итого:	17
Всего:		32

Таблица 3

По всем моделям TV	Число отказов	Процентное содержание
Интегральные схемы	7	
Конденсаторы	25	
Сопротивления		
Переключатели		
Трансформаторы		
Итого:		100

### 3.3 ДИАГРАММА РАЗБРОСА (РАСSEИВАНИЯ)

Диаграмма разброса характеризует вид и тесноту связи между парами соответствующих переменных ( $x$ ,  $y$ ). В математической статистике это корреляционное поле или поле корреляции. Парой ( $x$ ,  $y$ ) может быть:

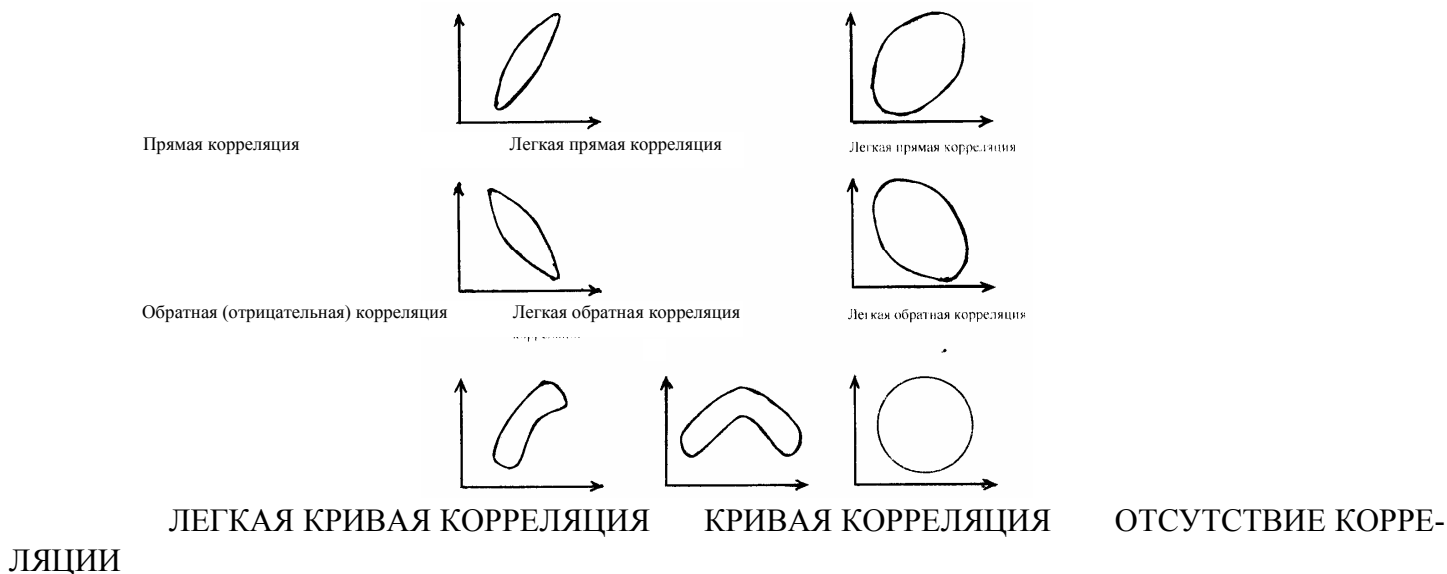
- а) характеристика качества ( $y$ ) и влияющий фактор ( $x$ );
- б) две характеристики качества;
- в) два фактора.

Этапы построения диаграммы разброса:

- 1 Сбор данных,  $n \geq 25 \dots 30$ .
- 2 Выбор шкал  $x$  и  $y$  (по минимуму и максимуму) – длины должны быть примерно одинаковы. Может быть логарифмический масштаб. (Если  $x$  – фактор, то горизонтальная ось, а  $y$  – качество, то вертикальная).
- 3 Начертить график, при совпадении точек это отметить, например  $\odot$ , или указать цифрой.
- 4 Сделать необходимые обозначения: название диаграммы разброса; интервал времени; число пар,  $n$ ; названия  $x$ ,  $y$  и единиц измерения; кто делал.

Диаграмма разброса используется для определения:

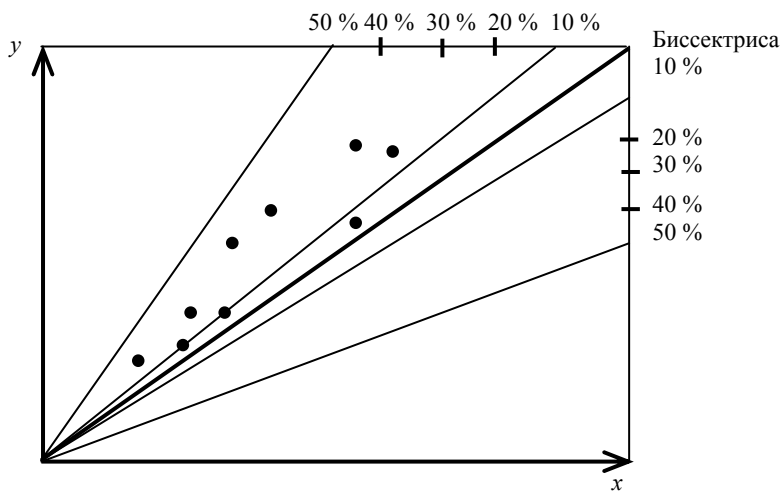
- 1 Характера вида и тесноты связи (см. рис. 23).



**РИС. 23 ХАРАКТЕР ВИДА И ТЕСНОТЫ СВЯЗИ**

На диаграмме разброса следует выявить наличие "выбросов" и проверить их на "чужеродность". Возможные причины: ошибки измерения (записи); изменение условий работы. При исследовании криволинейной корреляции надо выделять несколько участков. Связь характеризуется корреляционным отношением  $\mu_{y/x}$ .

2. Анализа характера изменения параметров качества во времени или определения влияния какого-либо фактора на показатель качества. Здесь до эксперимента (например, термообработки)  $x_1, \dots, x_n$  – значения параметров качества, а  $y_1, \dots, y_n$  – после эксперимента для тех же изделий. Затем строят диаграмму разброса (см. рис. 24).



**РИС. 24 ДИАГРАММА РАЗБРОСА**

Если пары  $(x, y)$  находятся на биссектрисе, то параметр качества не изменился (и фактор (времени) не влияет), если под ней – то уменьшение параметра, если над ней – то рост значения параметра. С помощью лучей можно выявить частоту значений параметра качества и строить гистограммы, а также выделять "чужеродные" точки и выяснять причины.



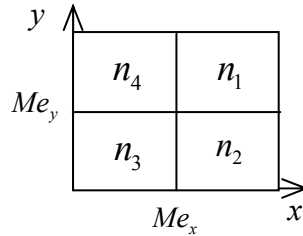
3 Определение тесноты связи. Метод медиан (для оценки степени корреляционной связи при прямолинейной корреляции). Используется для оценки степени корреляционной связи. Приведем его основные этапы:

- 1) проводятся вертикальная и горизонтальная линии медиан;
- 2) подсчитывают точки в квадрантах  $n_1, n_2, n_3, n_4$ . Точки на линиях не учитываются;
- 3) подсчитываются значения;

$$n_{(+)} = n_1 + n_3$$

$$n_{(-)} = n_2 + n_4$$

$$n' = n_{(+)} + n_{(-)}$$



4) Задаются риском  $\beta$  (0,01 или 0,05) и по табл. 4 (по  $n'$  и  $\beta$ ) определяют степень корреляции по значению  $n_{\epsilon}$ . Если  $\min\{n_{(+)}, n_{(-)}\} \leq n_{\epsilon}$  или  $n_{\epsilon}$  (табличное кодовое значение), то имеет место прямолинейная корреляция. При  $n_{(+)} > n_{(-)}$  – прямая корреляция, при  $n_{(+)} < n_{(-)}$  – обратная корреляция.

Таблица 4

$n'$	$\beta$		$n'$	$\beta$		$n'$	$\beta$	
	0,01	0,05		0,01	0,05		0,01	0,05
5...8	0	0	18	3	4	27	6	7
9	0	1	19	3	4	28	6	8
10	0	1	20	3	5	29	7	8
11	0	1	21	4	5	30	7	9
12	1	2	22	4	5	31	7	9
14	1	2	23	4	6	32	8	9
15	2	3	24	5	6	33	8	10
16	2	3	25	5	7	34	9	10
17	2	4	26	6	7	–	–	–

При нелинейной связи рассчитывается корреляционное отношение

$$\eta_{yx}^2 = \frac{1}{n\sigma_y^2} \sum_{j=1}^K n_j (\bar{y}_j - \bar{y})^2 = \frac{\sigma_{\bar{y}(x)}^2}{\sigma_y^2};$$

$$\bar{y}_j = \frac{1}{n_j} \sum_{i=1}^{n_j} y_{ji}; \quad \eta \in [0; 1]. \tag{17}$$

Например,

$x$	0; 0	1	2
$y$	2; 3	4; 5	4
$\bar{y}_j$	2,5	4,5	4
$n_j$	2	2	1

$$\bar{y} = 3,6; \quad \sigma_y^2 = 1,04;$$

$$\eta^2 = \frac{1}{5 \cdot 1,04} [2(2,5 - 3,6)^2 + 2(4,5 - 3,6)^2 + (4 - 3,6)^2] = 0,89; \quad \eta \approx 0,9.$$

Прогноз:

$$y^{np} = \beta_0 + \beta_1 x + \beta_2 x^2. \quad (18)$$

Значимость  $\eta$  проверяется по  $t$ -критерию:

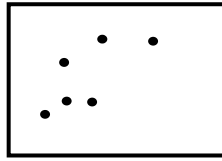
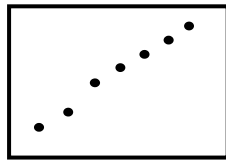
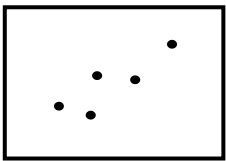
$$\hat{t} = \frac{\eta \sqrt{n-2}}{1-\eta^2}. \quad (19)$$

Если  $\hat{t} < t_{\alpha, \nu=n-2}$ , то  $\eta$  – незначим, а при  $\hat{t} \geq t_{\alpha, \nu}$  – значим.

#### 4 Определение временного лага взаимосвязи переменных.

Временной лаг – это временной сдвиг при формировании пар  $(x, y)$ .

При  $(x_i, y_i)$ ,  $i = \overline{1,12}$  сдвига нет (по месяцам). При  $(x_i, y_{i+1})$ ,  $i = \overline{1,11}$  – временной лаг в 1 месяц, т.е. строим для  $(x_1, y_2)$ ,  $(y_2, y_3)$  и т.д. При  $(x_i, y_{i+2})$ ,  $i = \overline{1,10}$  – временной лаг в 2 месяца и т.д., например,



$(x_i, y_i)$

$(x_i, y_{i+1})$

$(x_i, y_{i+2})$

Здесь наибольшая корреляция при временном лаге в 1 месяц.

x	20	15	22	25	28	30
Y	18	22	10	20	25	28

Прогноз при временном лаге в 1 месяц по формулам (прямой регрессии).

$$y_{i+1} - \bar{y} = r \frac{S_y}{S_x} (x_i - \bar{x})$$

здесь

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} (x_i - \bar{x})(y_{i+1} - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}, \text{ сделать для } y_{i+j}$$

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^2 - \bar{x}^2};$$

(20)

$$S_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 - \bar{y}^2};$$

$$y_{i+1}^{np} = \bar{y} + r \frac{S_y}{S_x} (x_i - \bar{x}). \quad (21)$$

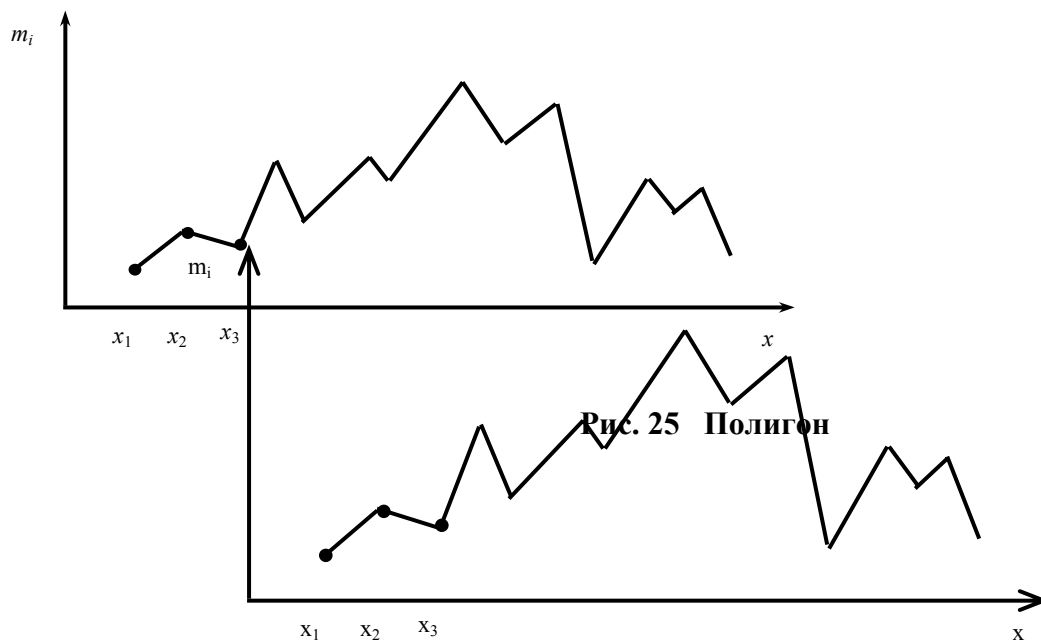
Ошибки.

Делить  $n$  на 2 части:

- 1) для расчета параметров;
- 2) для проверки (оценки ошибки).

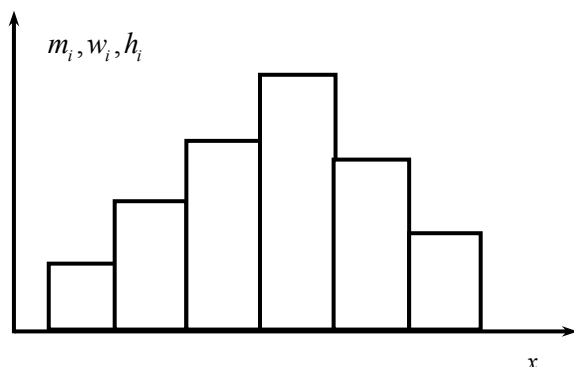
### 3.4 ГИСТОГРАММА

Достаточно полно закон распределения контролируемых значений (случайно вероятностных) характеризуют: полигон, гистограмма и кумулятивная кривая. Полигон строится обычно для дискретных случайных величин (для непрерывных случайных величин откладываются по оси ординат середины интервалов). Откладываются точки значений частот  $m_i$  и  $x_i$ , затем соединяются отрезками прямых ( $m_i$  – число значений  $x_i$  в статистическом ряде) (см. рис. 25).  $\sum m_i = n$ .



Гистограмма (рис. 26) строится в виде столбиков, высоты которых пропорциональны частотам интервалов  $m_i$ . Она более правильно позволяет зрительно оценить закон распределения. Иногда откладывают относительные частоты  $w_i = m_i/n$ , тогда  $\sum w_i = 1$ , или  $h_i = \frac{w_i}{\Delta x_i}$ , здесь  $\Delta x_i$  – ширина столбика (класса).

В последнем случае площадь всех столбиков равна 1.



**Рис. 26 Гистограмма**

Кумулятивная кривая (кумулята) (рис. 27) или интегральная кривая строится путем суммирования относительных частот. Накопленные частоты (частоты) относятся не к серединам интервалов, а к верхним границам. Часто откладывается в процентах. Для построения этих характеристик используется табл. 6:

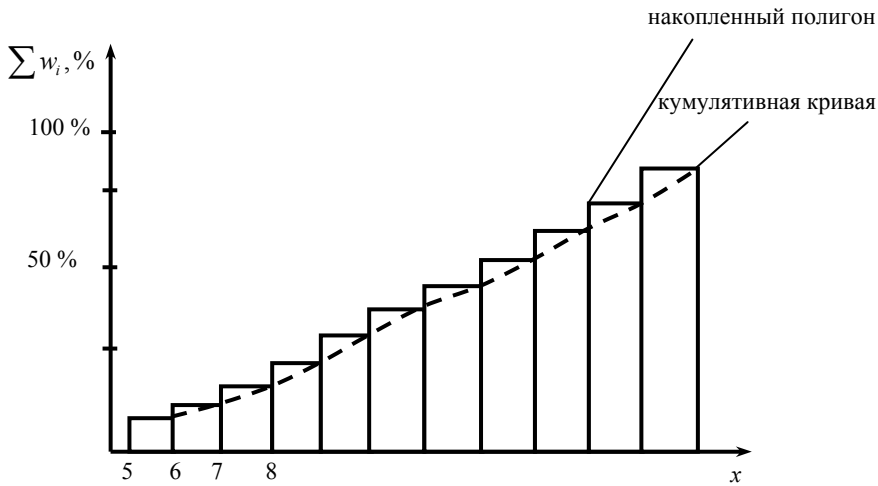


Рис. 27 Кумулятивная кривая

Таблица 6

Мно- жество	Ин- тервал (класс)	Сере- дина интер- вала	Частота $m_i$	Относи- тельная частота $w_i, \%$	Накоп- ленная частота, $\Sigma m_i$	Накоп- ленная относи- тельная частота $\Sigma w_i, \%$
0...1	5...6	5,5	5	5	5	5
1...2	6...7	6,5	20	20	25	25
2...3	7...8	7,5	40	40	65	65
3...4	8...9	8,5	25	25	90	90
4...5	9...10	9,5	10	10	100	100
			$\sum_{i=1}^k m_i = 100$			

Гистограмма позволяет делать важные выводы при контроле качества. Например,

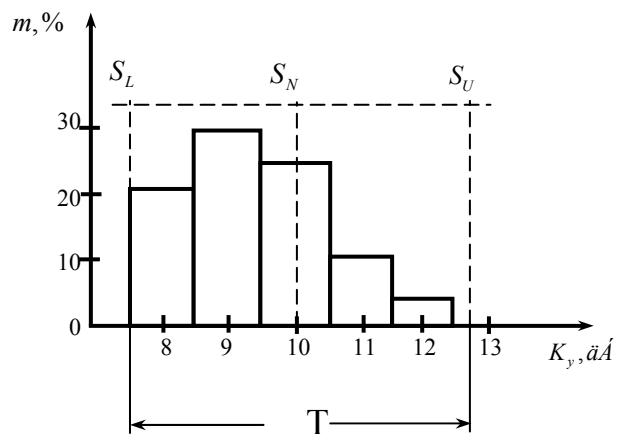


Рис. 28 Применение гистограммы при контроле качества:

$S_U, S_L$  – верхняя и нижняя границы допуска на коэффициент усиления (КУ);  
 $S_N$  – номинальное значение КУ. Ширина поля допуска  $T = S_U - S_L$

На рис. 28 все значения находятся в  $T$ , но смещены влево.

Нормальный (Гаусса) закон часто встречается на практике. Он характеризуется средним  $\bar{x}(M_x)$  и стандартным отклонением  $\sigma$  и имеет вид, показанный на рис. 29.

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma^2}}; \quad (22)$$

$$P(x \in [a, a + \Delta x]) \cong f(a)\Delta x. \quad (23)$$

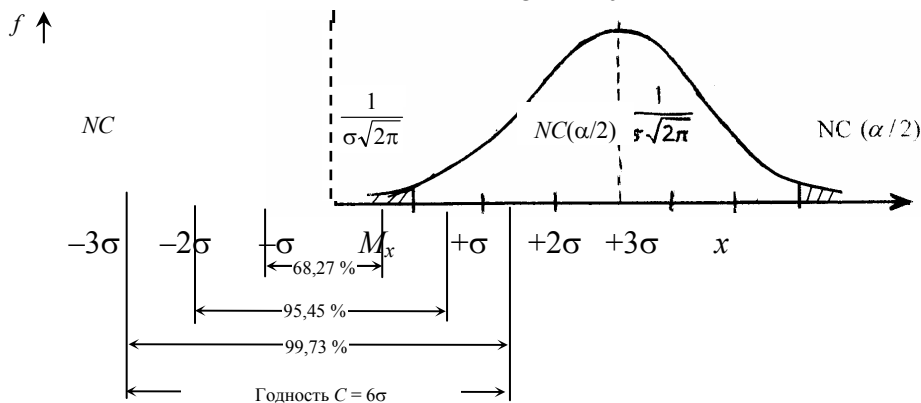
Если берутся трехсигмовые пределы, то 0,27 % данных будут считаться несоответствующими (non-conformity – NC) требованиям заказчика, в то время как они годные.

Годными считаются изделия, попадающие в интервал  $C = 6\sigma$  (или при  $\sigma = 1$ ;  $C = 6$ ).

Для количественных оценок используются коэффициенты.

Коэффициент годности

$$C_p = \frac{T}{C} = \frac{S_U - S_L}{6} \quad (\text{для нормального закона при } \sigma = 1), \quad (24)$$



**РИС. 29 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НОРМАЛЬНОГО ЗАКОНА НА ПРАКТИКЕ**

где  $T$  – ширина поля допуска,  $C$  – годность ( $C = 6\sigma$ ).  $C_p$  – частный случай коэффициента точности, отношение, индекс годности.

$$C_p = \frac{T}{K\hat{\sigma}}, \quad (25)$$

где  $K$  – коэффициент, зависящий от типа закона распределения (для нормального закона  $K = 6$ , для равномерного распределения  $K = 3,464$ );  $\hat{\sigma}$  – выборочное стандартное отклонение.

Чем больше  $C_p$ , тем выше качество процесса.

Коэффициент смещения

$$K = \frac{\Delta}{0,5T}, \quad \Delta = |\bar{x} - S_N|, \quad (26)$$

где  $\Delta$  – абсолютное смещение среднего значения контролируемого параметра от  $S_N$ .

Чем меньше  $K$ , тем меньше вклад систематических изменений (рис. 30).

Индекс годности

$$C_{pk} = \min \left\{ \frac{S_U - \bar{X}}{0,5C}; \frac{\bar{X} - S_L}{0,5C} \right\}. \quad (27)$$

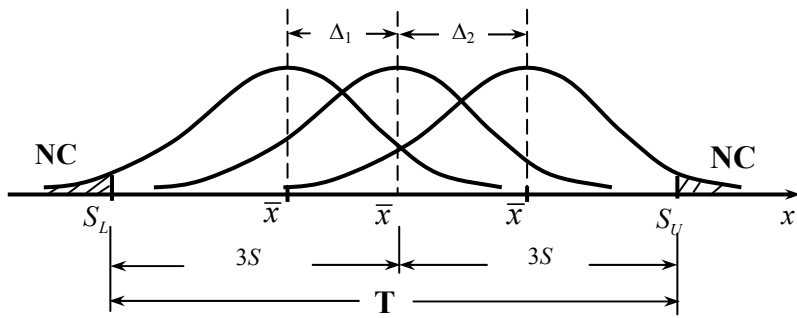
Правило проверки качества процесса (если нет смещения,  $\Delta = 0$ ):

$C_p > 1,33$  – процесс в удовлетворительном состоянии;

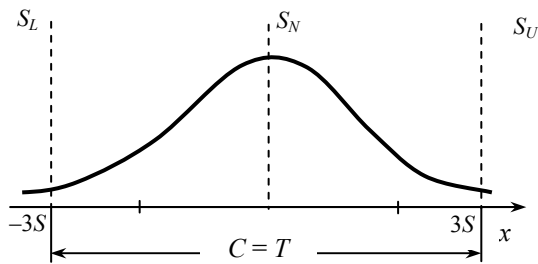
$C_p \in [1,0; 1,33]$  – процесс отвечает предъявленным требованиям;

$C_p < 1,0$  – процесс не отвечает предъявленным требованиям.

Примеры приведены на рис. 31.

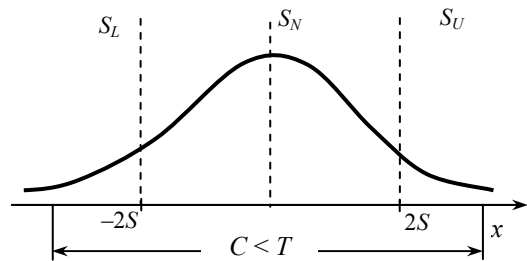


**Рис. 30** Зависимость вклада систематических изменений от  $K$



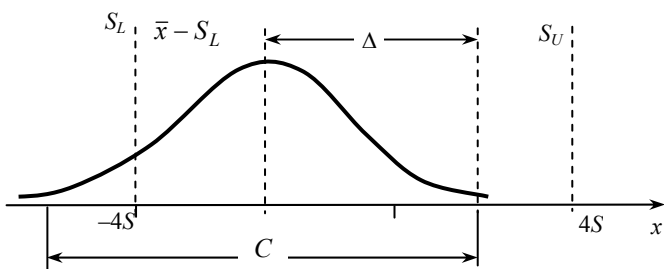
$$C_p = \frac{6}{6} = 1;$$

$$K = 0.$$



$$C_p = \frac{T}{C} = \frac{4}{6} = 0,66;$$

$$K = 0.$$

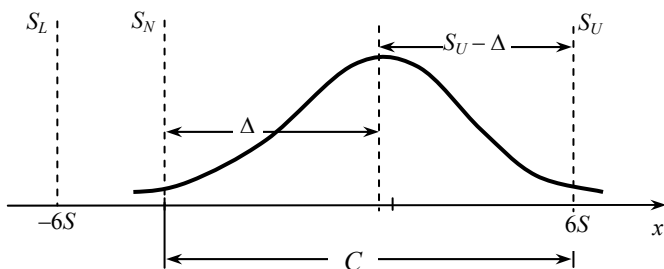


$$C_p = \frac{T}{C} = \frac{8}{6} = 1,33;$$

$$K = \frac{\Delta}{0,5T} = \frac{3}{4} = 0,75.$$

$$C_{pk} = \frac{\bar{x} - S_L}{0,5C} = 0,33.$$

**Рис. 31** Примеры проверки качества процесса



$$C_p = \frac{12}{6} = 2;$$

$$K = 0,5.$$

$$C_{pk} = \frac{S_U - \bar{x}}{0,5C} = 1.$$

**Рис. 31** (Продолжение)

### 3.5 Техника контрольных карт (статистический контроль качества)

Основная цель – текущий контроль качества за производством и предупреждение брака путем своевременного вмешательства в технологический процесс.

Контрольная карта – диаграмма, позволяющая наглядно отразить ход производственного процесса и выявить нарушения технологии.

Контрольная карта – инструмент, позволяющий отслеживать ход протекания процесса и воздействовать на него (с помощью соответствующей обратной связи), предупреждая его отклонения от предъявляемых к процессу требований.

Построение контрольных карт включает следующие этапы:

- 1) выбор показателя и вида карты;
- 2) отложение на оси ординат значения контролируемого параметра ( $x$ ) или его характеристик;
- 3) отложение на оси абсцисс времени  $t$  взятия выборки;
- 4) построение трех линий: центральной – требуемое значение  $x$ , линии верхнего контрольного предела  $K_v$  (UCL – Upper Control Level), линии нижнего контрольного предела  $K_n$  (Lower Control Level).

Процесс считается контролируемым, если систематические составляющие его погрешности регулярно выявляются и устраняются, а остаются только случайные составляющие погрешностей, которые обычно имеют нормальный закон распределения.

Основная цель – снабжение работников информацией относительно того, удовлетворяет ли продукция техническим требованиям, выявление отклонений в процессе, сигнализирующих о том, что продукция не соответствует определенным требованиям. Обычно новый сбор статистических данных начинают после корректирующих мероприятий (капитальный ремонт и т.д.).

Контрольные карты классифицируют по:

- 1) по измеримым (количественным) признакам:
  - карта средних значений ( $\bar{x}$ );
  - карта индивидуальных значений;
  - карта медиан ( $\tilde{x}$ ),
  - комбинированные контрольные карты: " $\bar{x}/S$ "; " $\bar{x}/R$ " или " $\bar{x} - R$ "; " $\tilde{x}/S$ ",

где  $S$  – среднееквадратичное отклонение,  $R$  – размах варьирования,  $\bar{x}$  – среднее значение,  $\tilde{x}$  – медиана. другие: карта крайних значений.

- 2) по неизмеримым (качественным) признакам:

- карта " $P$ ";
- карта " $C$ ";
- карта " $U$ ",

где  $P$  – процент брака партии,  $C$  – число дефектов в единице продукции,  $U = C/n$  – доля дефектов в  $n$  единицах продукции.

С помощью контрольных карт получают следующую информацию (рис. 33).

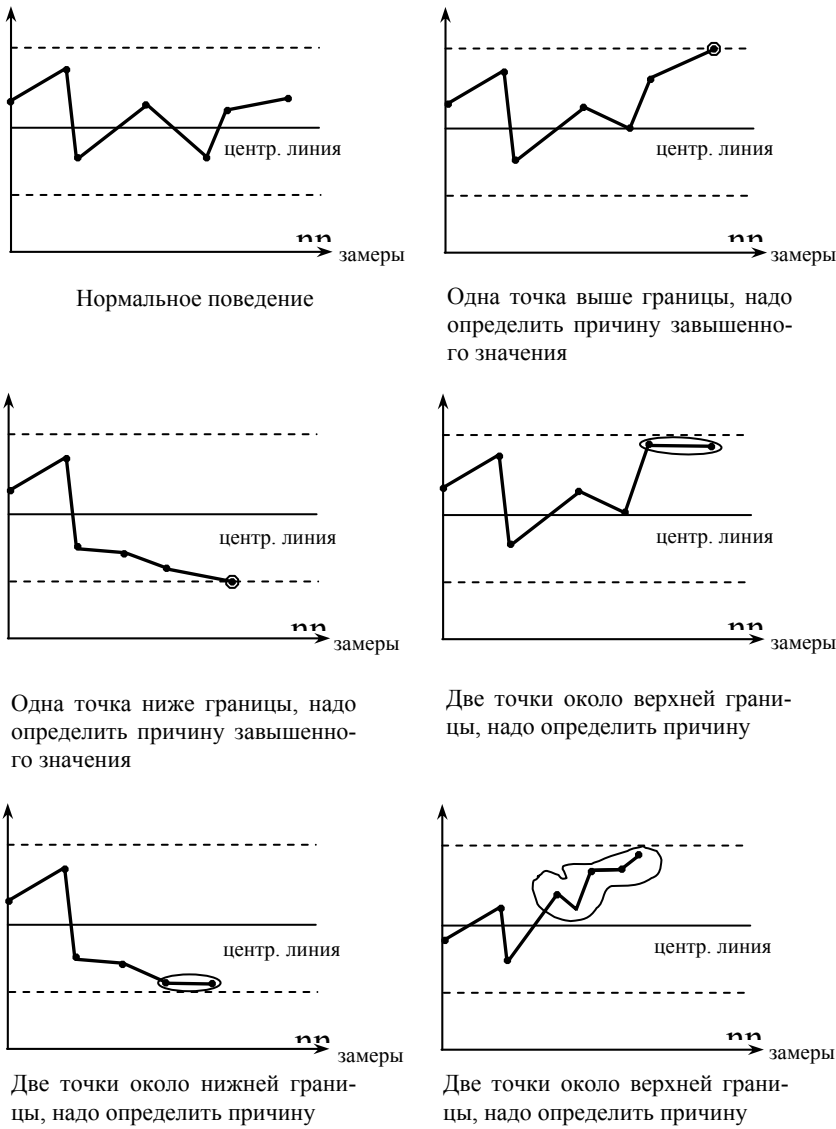
Наиболее распространена карта " $\bar{x}$ " (средних). Она позволяет определить, следует ли продолжать производство или остановить процесс, например, вес должен быть в пределах 9,8...10,2 кг.

При составлении контрольных карт учитываются четыре основных фактора:

- 1) размеры выборки ( $n$ );
- 2) количество выборок ( $K$ );
- 3) частота выборок;
- 4) контрольные границы.

По  $n$  индивидуальным значениям вычисляют оценку МО в  $j$ -й выборке:

$$\bar{x}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ij} \quad (28)$$



**РИС. 33 ИНФОРМАЦИЯ, ПОЛУЧАЕМАЯ С ПОМОЩЬЮ КОНТРОЛЬНЫХ КАРТ**

и проверяется нулевая гипотеза  $H_0: \mu = a$ , т.е.  $MO(\mu)$  равно номинальному значению "a". Обычно для проверки должна быть известна дисперсия  $\sigma^2$  (для всех выборок).

Гипотеза  $H_0$  не отвергается, если

$$|Z| = \left| \frac{\bar{x} - a}{\sigma} \sqrt{n} \right| < Z_\alpha; \quad (29)$$

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (30)$$

или

$$a - Z_\alpha \frac{\sigma}{\sqrt{n}} < \bar{x} < a + Z_\alpha \frac{\sigma}{\sqrt{n}}. \quad (31)$$

здесь  $Z$  – нормированное ( $\mu = 0, \sigma = 1$ ) значение СВ.

Гипотеза  $H_0$  отвергается, если

$$|Z| \geq Z_\alpha, \quad (32)$$

где  $\alpha$  – вероятность ошибки первого рода (отвергнуть гипотезу  $H_0$ , когда она верна).

На графике (рис. 34) вычерчивают среднюю линию "a" и границы  $K_n, K_v$  области  $H_0$ . Для заданного  $\alpha$  и  $n$



$$K_H = a - Z_\alpha \frac{\sigma}{\sqrt{n}} ; \quad (33)$$

$$K_H = a + Z_\alpha \frac{\sigma}{\sqrt{n}} ; \quad (34)$$

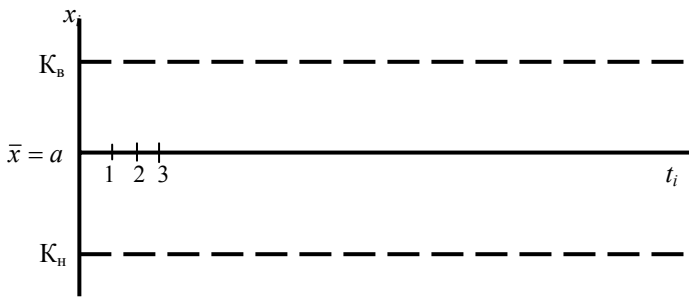


Рис. 34 Построение средней линии и границ области  $H_0$

$$\bar{x} = \frac{1}{K} \sum_{j=1}^K \bar{x}_j . \quad (35)$$

Значения  $Z_\alpha$  для различных  $\alpha$  при двустороннем ограничении ( $p = 1 - \alpha$  статистическая достоверность) (см. табл. 7):

Таблица 7

$\alpha_p$	$\alpha$	0,001	0,0027	0,01	0,0455	0,05
$Z_p$	$Z_\alpha$	3,291	3	2,576	2	1,96
	$p$	0,999	0,973	0,99	0,945	0,95

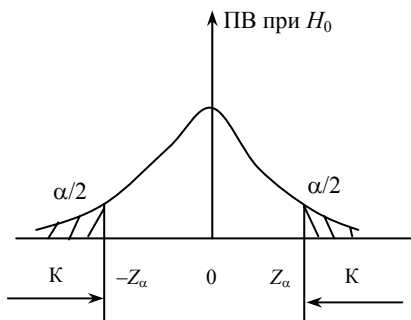


Рис. 35 Критическая область  $K$  при двустороннем ограничении

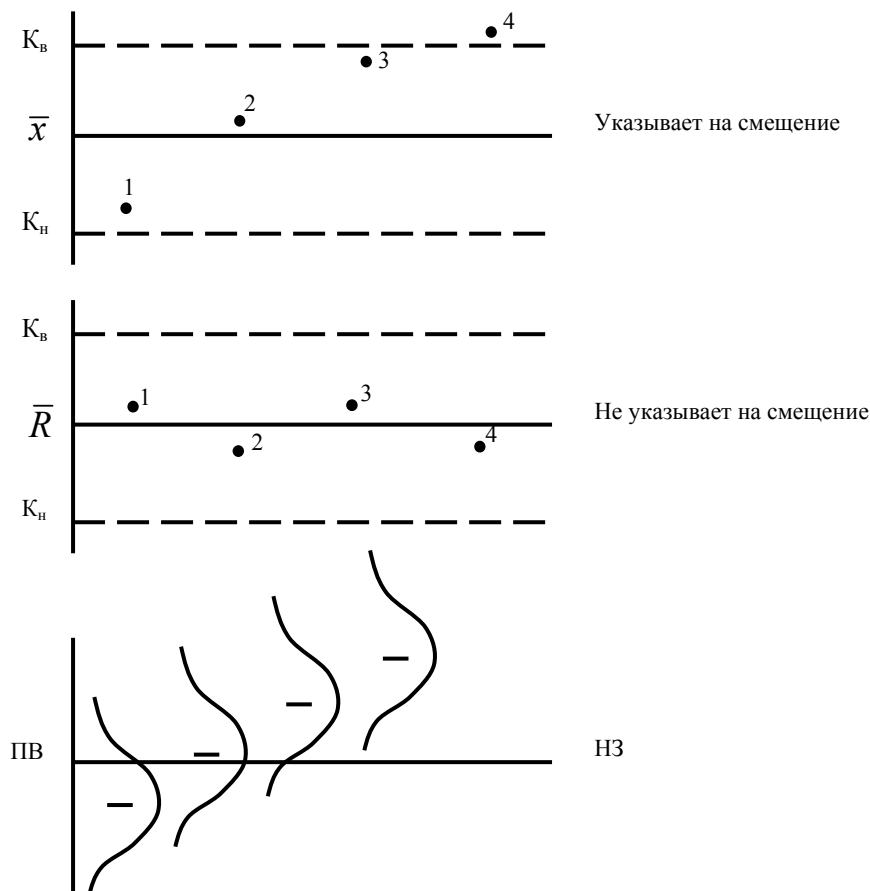
Берутся небольшие размеры выборки ( $n$ ) по двум причинам:

- 1) выборка должна производиться в разумные интервалы времени;
- 2) чем больше  $n$ , тем больше затраты на обработку. Обычно берут  $n = 4 \dots 5$ . Средние значения выборки (Sample Mean) такого размера имеют переменный нормальный закон, независимо от распределения исходной совокупности. При  $n > 5$  контрольные границы будут уже, повышается чувствительность контроля. Поэтому для выявления даже незначительных отклонений процесса, берут  $n > 5$ . На основе здравого смысла и статистики количество выборок  $K \approx 25$ . Частота выборок выбирается с учетом стоимости изделия, если при проверке оно повреждается. Обычно сначала выборки берутся чаще, затем (при уверенности в качестве процесса) выборки берутся реже. Например, сначала контроль (выборка из  $n < 5$ ) каждые 0,5 часа, затем одна выборка в день (смену). Широко используется практика использования

контрольных границ с  $3\sigma_{\bar{x}}$ , т.е. при доверительной вероятности 99,7 %. В этом случае, если хотя бы одно среднее значение  $\bar{x}_i$  вышло за границы, то можно считать, что процесс вышел из-под контроля.

$\bar{x}$  – R – карта (карта средних арифметических и размахов), например,

$$\bar{R} = \frac{1}{K} \sum_{j=1}^K R_j .$$



**Рис. 36** Карты средних арифметических и размахов

Для успешного внедрения контрольных карт важно не только уметь их составлять и вести, значительно важнее научиться их правильно "читать".

На примере размах ( $\sigma$ ) остается практически постоянным, есть только случайные составляющие, а среднее смещается ("тупится резец") и 4-е значение за допустимыми пределами. Этого можно избежать уже после 3-х измерений, так как проявилась тенденция.

### 8 Коэффициенты для определения границ $3\sigma$

$n$	Для карты $\bar{x}A_2$	Для карты $R$	
		$D_3$	$D_4$
2	1,88	0	3,27
3	1,02	0	2,57
4	0,73	0	2,28
5	0,58	0	2,11

Для  $\bar{x}$ :

$$UCL_{\bar{x}} = \bar{x} + A_2\bar{R}; \quad LCL_{\bar{x}} = \bar{x} - A_2\bar{R} . \quad (36)$$

Для  $R$ :

$$UCL_R = D_3\bar{R}; \quad LCL_R = D_4\bar{R} . \quad (37)$$

*P*-карта позволяет определять долю дефектной продукции. Контроль процесса по качественным признакам. Оценка простая: берется выборка и проверяется, изделие качественное или нет. Значения  $P_i$  – % дефектных изделий (доли брака) и другие характеристики для карты рассчитываются по формулам (38 – 44):

$$P_i = \frac{\text{кол - во дефектных изделий в } i\text{-й выборке}}{n - \text{кол - во (объем выборки) изделий (ообье выборки)}} 100\%, \quad i = \overline{1, K} \quad (38)$$

Средняя линия

$$\bar{P} = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K P_i; \quad (39)$$

$$\bar{P} = \frac{\text{Общее число бракованных изделий во всех выборках}}{\text{количество выборок } (K) \times \text{размер выборки } (n)} \quad (40)$$

где  $K$  – число выборок, должно быть  $K > 10$ .

Стандартное (среднеквадратичное) отклонение

$$\sigma_{\bar{P}} = \sqrt{\frac{\bar{P}(1-\bar{P})}{n}}; \quad (41)$$

$$K_B = \bar{P} + 3\sigma_P, \quad K_H = \bar{P} - 3\sigma_P; \quad (42)$$

$$UCL = \bar{P} + z\sigma_P, \quad LCL = \bar{P} - z\sigma_P \quad (z = 3), \quad (43)$$

где  $UCL$  – Upper Control Level,  $LCL$  – Lower Control Level.

Замечание: если средняя линия  $\bar{P}$  дается в %, то

$$\sigma_P = \sqrt{\frac{\bar{P}(100-\bar{P})}{n}}. \quad (44)$$

Замечание: аналогично строятся  $C$ -карты, в них  $C_i$  – число дефектов в выборке (на  $n$  изделий).

$$C_i = \frac{\text{число дефектов в } i\text{-й выборке}}{n \text{ (ообье выборки)}} 100\%, \quad (45)$$

где  $z$  – количество стандартных отклонений при конкретной степени достоверности; при стандартной достоверности 99,7 %  $z = 3$ , при стандартной достоверности 99 %  $z = 2,58$ .

Например, приемка изделий с весом  $> 10$  кг и отвергать изделия с весом  $< 10$  кг.

### 3.6 ДИАГРАММЫ ПАРЕТО

Парето В. (1845 – 1923) – итальянский экономист, предложил формулу, показывающую неравномерное распределение благ, а М. Лоренц (американец) продемонстрировал это на диаграмме, где большая доля доходов принадлежит небольшому числу людей. Д. Джуран применил эту диаграмму для классификации проблем качества и назвал метод анализом Парето.

Диаграмма Парето – метод, позволяющий распределить усилия для разрешения возникающих проблем и выявить основные причины, с которых надо начинать действовать. Основная идея – надо разделить проблемы на немногочисленные, но существенно важные, и многочисленные, но несущественные. Виды проблем: появление брака, поломки оборудования, рекламации, затоваривание склада и т.д. Различают два вида диаграмм Парето.

1 Диаграмма Парето по результатам деятельности, предназначена для выявления главной проблемы и отражает следующие нежелательные результаты: качество (дефекты, поломки, ремонты, ошибки, отказы, рекламации, возвраты продуктов); себестоимость (объем потерь, затраты); сроки поставок (нехватка запасов, ошибки в составлении счетов, срыв сроков поставок); безопасность (несчастные случаи, аварии, трагические ошибки).

2 Диаграмма Парето по причинам проблем, возникающих в ходе производства, и используются для выявления главной из них: исполнителя работы (смена, бригада, возраст, опыт, квалификация, индивидуальные характеристики); оборудование (станки, инструменты, оснастка, организация использо-

вания, модели); сырье (вид, изготовитель, партия, поставщик); метод работы (условия производства, приемы, последовательность операций, заказы-наряды); измерения (точность, верность и повторяемость, стабильность (повторяемость в течение длительного периода); тип измерительного прибора).

Построение диаграммы Парето включает в себя следующие этапы.

1) Определяется, какие проблемы надо исследовать и как собирать данные. Данные можно собирать: по видам дефектов, по месту появления, по процессам, по рабочим и т.д. Затем выбирается метод и период сбора данных. При необходимости, заготавливается специальный бланк (табл. 9).

Таблица 9

Типы дефектов	Группы данных	Итого
трещины		10
деформации		104
царапины		42
-----		–
прочие		14
<b>ИТОГО</b>		<b>200</b>

2) Разрабатывается контрольный листок для регистрации данных.

3) Заполняется листок регистрации данных и подсчитываются итоги (сбор данных).

4) Разрабатывается бланк таблицы для проверок данных (см. табл. 10).

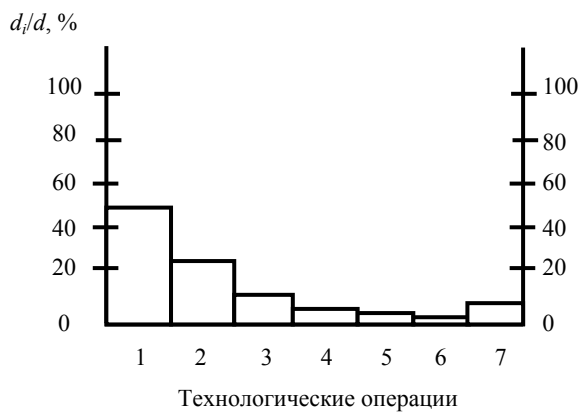
5) В таблице данные располагаются в порядке значимости.

Таблица 10

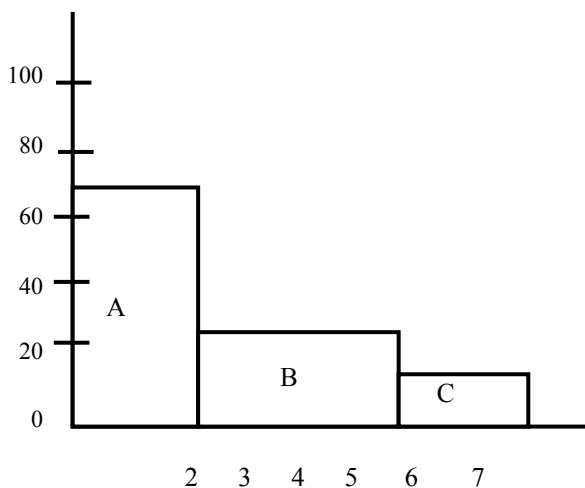
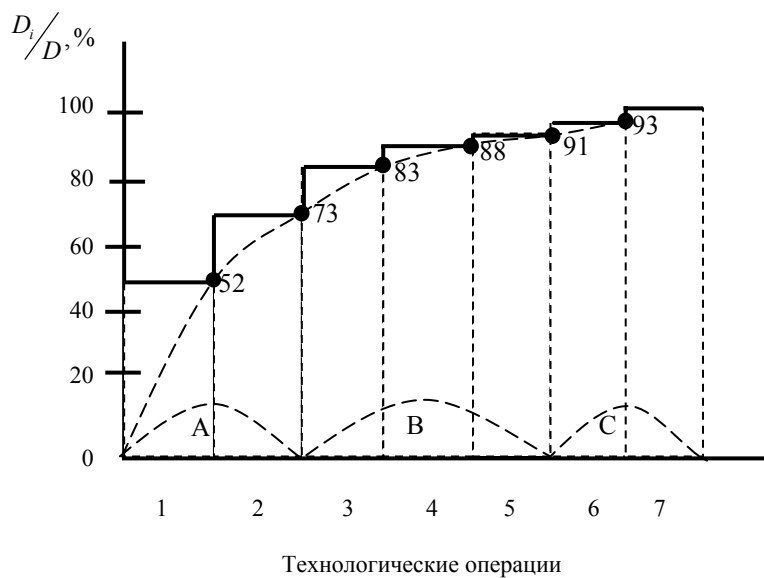
Типы дефектов (контролируемые признаки)	Число дефектов, $d_i$	Накопленная сумма числа дефектов	% числа дефектов по каждому признаку в общей сумме, $d_i/d$		Накопленный процент
Деформация	104	104	52	А	52
Царапины	42	146	21		73
Раковины	20	166	10	В	83
Трещины	10	176	5		88
Пятна	6	182	3		91
Разрыв	4	186	2	С	93
Прочее	14	200	7		100
<b>ИТОГО</b>	$d = 200$	–	100		–

6) Чертятся оси и строится столбиковая диаграмма (рис. 37). На горизонтальной оси выделяются интервалы по числу контролируемых признаков.

7) Строится Парето-кумулятивная кривая, наносятся все обозначения и надписи (см. рис. 38).



**РИС. 37 СТОЛБИКОВАЯ ДИАГРАММА**



**Рис. 38 Парето-кумулятивная кривая**

Указывается: название, разметка, имя составителя, период сбора, объект, место, число данных.

Делается вывод: например, 85 % для 1, 2, 3 групп.

Рекомендации по построению диаграмм Парето:

1 Надо использовать разные классификации и строить много диаграмм Парето. Надо использовать исследование проблемы с разных сторон с целью выявления немногочисленных существенных факторов.

2 Нежелательно, чтобы группа "прочие" имела большой процент, это говорит о неправильной классификации.

3 Если данные можно представить в денежном выражении, то это показывается на вертикальных осях. Без этого может не быть эффекта. Затраты – основной критерий для управления (например, царапины 2-й сорт, трещины – брак).

Рекомендации по использованию диаграмм Парето:

1 Если нежелательный фактор устраняется просто, то это надо делать немедленно, неважно насколько он значителен. Затем устраняются немногочисленные важные причины.

2 Надо использовать возможность строить диаграммы Парето по причинам.

Рассмотрим метод ABC-анализа диаграмм Парето. Составляется диаграмма Парето по причинам. Например, на складе скопилось много готовой продукции, реализация которой задерживается. Изготовитель несет убытки. Продукция делится по группам в зависимости от затрат на устранение дефектов (табл. 11).

Таблица 11

Стоймость затраты) $Z_i$ тыс. р.	90...100	80...90	70...80	60...70	50...60	40...50	30...40	20...30	10...20	0...10	Итого
	Число образцов $m_i$ , тыс. шт.	0,2	0,3	0,5	0,5	0,8	1,2	1,5	2,5	5	
	А							В		С	

Строится табл. 12 с накоплением до 100 %.

Таблица 12

Затра- ты (центр клас- са), тыс. р.	Число образ- цов, тыс. шт.	Затраты на продук- цию		Число образцов		
		Накоп- ленная стои- мость, тыс. р.	Относи- тельная стои- мость, %	Накоп- ленное число образ- цов, тыс. шт.	Относи- тельная частота $n_i/N$ , %	
1	2	3	4	5	6	
А	95	0,2	19,0	4,1	0,2	0,8
	85	0,3	44,5	9,6	0,5	2
	75	0,5	82,0	17,6	1,0	4
	65	0,5	114,5	24,5	1,5	6

	55	0,8	158,5	34	2,3	9,2
	45	1,2	212,5	45,5	3,5	14
	35	1,5	265,0	56,7	5,0	20
В	25	2,5	327,5	70,2	7,5	30
	15	5,0	402,5	86,7	12,5	50
С	5	12,5	465,0	100	25,0	100

Этапы заполнения таблицы:

1) Находятся общие затраты (стоимость) по столбцам 1, 2.

$$C_T = \sum_i \bar{z}_i m_i \quad (= 465 \text{ млн. р.})$$

2) Заполняется столбец 3.

$$C_{T_1} = \bar{z}_1 m_1 \quad C_{T_2} = C_{T_1} + \bar{z}_2 m_2 \text{ и т.д.}$$

Затем столбец 4

$$C_{T_i} / C_T \cdot 100\% ;$$

3) Заполняются столбцы 5, 6.

$$n_1 = m_1; \quad n_2 = n_1 + m_2; \quad n_3 = n_2 + m_3;$$

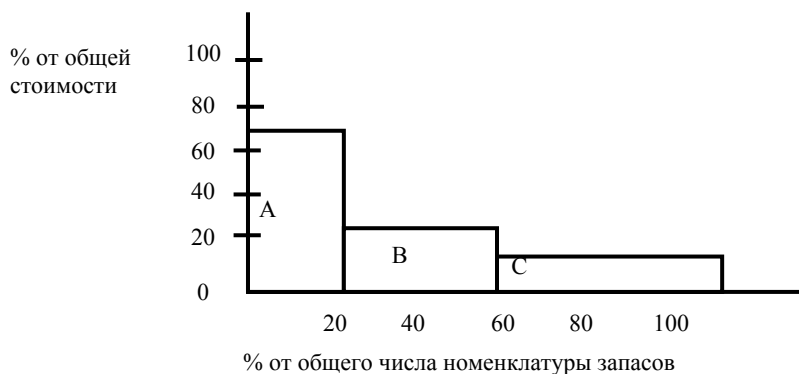
и

$$n_i / N; \quad N = \sum_i m_i .$$

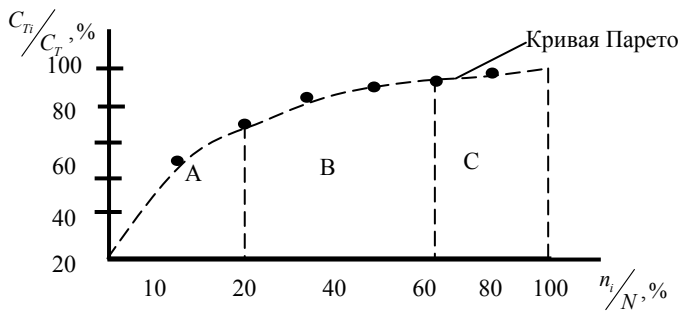
Далее строится диаграмма Парето. По оси абсцисс – относительная частота,  $n_i/N$ ; (столбец 6), по оси ординат – относительная стоимость  $C_{T_i}/C_T$  (столбец 4). В группу А включаем наиболее дорогую продукцию, (от 30 до 100 тыс. р.). В группу С – самые дешевые образцы (0 – 10 тыс. р.). Группа В – промежуточная.

### 13 АВС-анализа складского запаса

Группа	Относительная частота, %	Относительная стоимость образцов в группе, %
А	20	56,7
В	30	30
С	50	13,3



Строится диаграмма Парето



**Рис. 39** Диаграмма Парето

Анализ диаграммы Парето: На группу А (20 % образцов) приходится > 50 % затрат (56,7 %), а на группу С (50 % образцов) – всего 13,3 %. Вывод. Группу А надо жестче контролировать, это "жизненно важная зона". Факторы групп А и В анализируются более тщательно, и по ним разрабатывается план мероприятий. После реализации плана проверяется эффективность (снова строится диаграмма Парето и сравнивается с предыдущей).

### 3.7 Метод стратификации (расслаивания данных)

Данные, разделенные на группы в соответствии с их особенностями, называют слоями или стратами. Стратификация (расслаивание) есть процесс деления данных на слои (страты). Метод стратификации заключается в селекции статистических данных с целью получения информации о процессе, данные группируются в зависимости от условий их получения, и каждая группа обрабатывается в отдельности. Японцы выполняют операцию стратификации до 100 раз при анализе проблем. Существуют разные методы расслаивания. Метод 5М используется наиболее часто в производственных условиях. Метод предполагает учет пяти факторов:

- 1) расслаивание по исполнителям (человек – man) – квалификация, стаж работы, пол и т.д.;
- 2) расслаивание по машинам (machine) и оборудованию – марка, новое и старое, конструкция, фирма и т.д.;
- 3) расслаивание по материалу (material) – партия, фирма-производитель, место производства, качество сырья и т.д.;
- 4) расслаивание по способу (методу – method) производства – температура, технология, место и т.д.;
- 5) расслаивание по измерению (measurement) – метод, тип измерительных средств, точность и т.д.

Этапы:

- 1) собрать массив данных;
- 2) выбрать М (гипотеза);
- 3) стратифицировать;
- 4) вычислить  $D_x$  и  $D_A, D_B$  и сравнить, должно быть  $D_A(D_B) < D_x, |X_A| - |X_B| \gg 0$ ;
- 5) новые М и т.д.

Метод 5Р используется в сервисе (обслуживании), здесь учитываются факторы:

- 1) работник – peoples;
- 2) процедура – procedures;
- 3) потребитель (патрон, покровитель) – patron;
- 4) место – place;
- 5) окружающая обстановка (среда), снабжение – provisions.

Основные условия при использовании методов расслаивания: отклонения контролируемого параметра от заданного значения:



1) различия (рассеяние) между значениями случайной величины внутри слоя (дисперсия) должна быть как можно меньше по сравнению со значением в исходной совокупности (до расслоения);

2) различие между слоями (средними значениями случайной величины слоев) должно быть как можно больше.

Это родственный метод дисперсионного анализа, часто использующийся совместно с диаграммами Парето.

#### 14 Форма таблицы для расщипывания

Интервалы	Средины	Частота, $m_i$ Фактор А Фактор В	Накопленные значения

По этой таблице строятся гистограммы.

Продукт	Число образцов	Фактор $\alpha$	Фактор $\beta$
А	15	1	14
В	13	2	11
С	11	0	11
Д	9	8	1
Е	10	6	4
F	10	7	3
Всего	68	24	44

По данной таблице приводятся результаты расщипывания в зависимости от факторов  $\gamma$  и  $\eta$ .

Вторичная настройка	Выполнение первичной настройки		
	всего	в срок, $\gamma$	с опозданием, $\eta$
имеет место	45	3	42
отсутствует	23	21	2
Всего	68	24	44

Результаты расщипывания поставок продукции и случаев задержки по срокам оформления заказов оформляют в виде следующей табл. 15.

Оформление заказа	Выполнение заказов		
	всего	в срок	с опозданием
имеет место	23	21	2
отсутствует	45	3	42
Всего	68	24	44

### 3.8 Причинно-следственная диаграмма (диаграмма Исикавы)

Причинно-следственная диаграмма (ПСД) определяет характер (структуру) многофакторных отношений типа причина-следствие (результат) по данным систематических наблюдений. Знание этой структуры в виде простой и доступной формы облегчает решение проблемы. ПСД позволяет выявить наиболее существенные факторы (причины), влияющие на конечный результат (следствие). ПСД предложил профессор Токийского университета Каору Исикава (1953 г.). ПСД включена в японский промышленный стандарт (JIS) на терминологию в области контроля качества: диаграмма причин и результатов – диаграмма, которая показывает отношения между показателем качества и воздействующими на него факторами. Обычно ПСД используется совместно с методом расслаивания 5М (см. рис. 40).

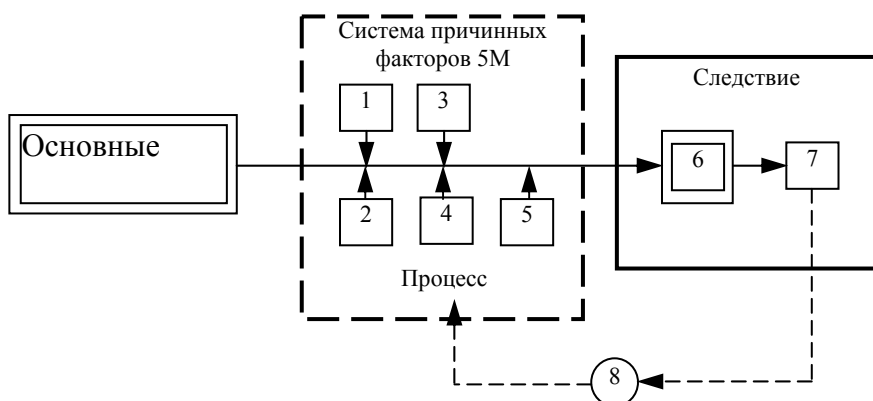
"Хребет" скелета связывает различные причины (факторы) и (1) и показатели качества (2). "Большие кости" характеризуют главные причины первого уровня А, В, С, D, E, F, G, которые являются следствиями других причин:  $A_1, A_2, \dots$  для А и т. д.  $A_j, B_j, \dots$  "средние кости", могут быть и третичные причины – "малые кости".

Показатели качества обязательно характеризуются разбросом. Поиск факторов, оказывающих наиболее сильное влияние на разброс показателей качества, называют исследованием причин.

Информацию для построения ПСД собирают из всех доступных источников: журналы регистрации (операций, текущего контроля и др.); сообщения рабочих и т.д. Используются также экспертные оценки и корреляционные зависимости.

При анализе дефектов выделяют случайные и систематические. В первую очередь надо устранять причины системных дефектов.

ПСД применяют и в сфере услуг, например см. рис. 42.



### РИС. 40 СХЕМА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПСД

ПСД имеет вид "рыбьего скелета" ("рыбьей кости"), см. рис. 41.  
 1 – материалы; 2 – операторы; 3 – оборудование (инструменты); 4 – методы операций; 5 – измерения; 6 – параметры качества продукта; 7 – показатели качества; 8 – контроль процесса по фактору качества

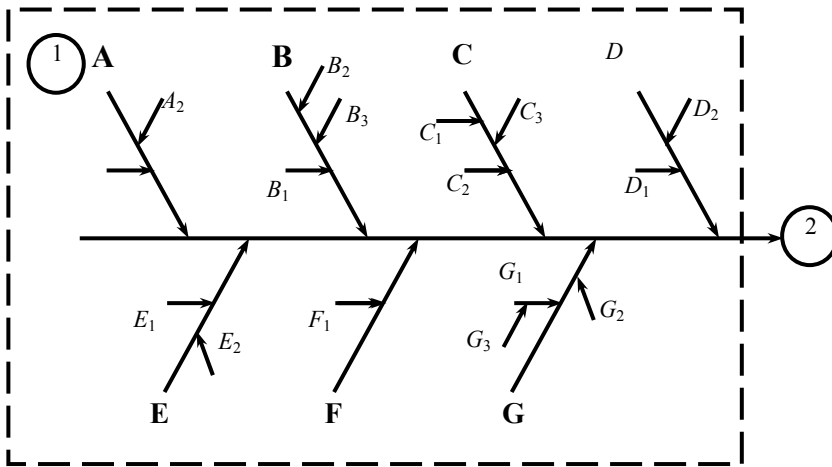


РИС. 41 ПРИЧИННО-СЛЕДСТВЕННАЯ ДИАГРАММА

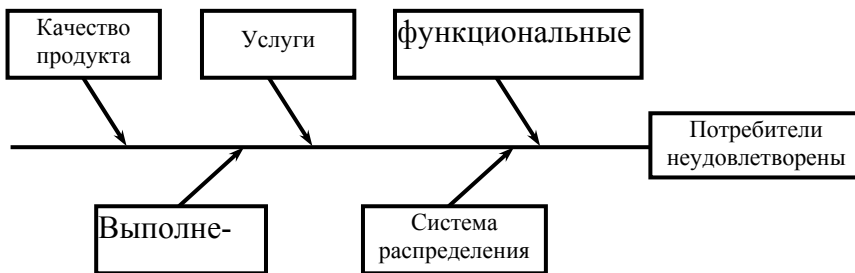


РИС. 42 ПРИМЕНЕНИЕ ПСД В СФЕРЕ УСЛУГ

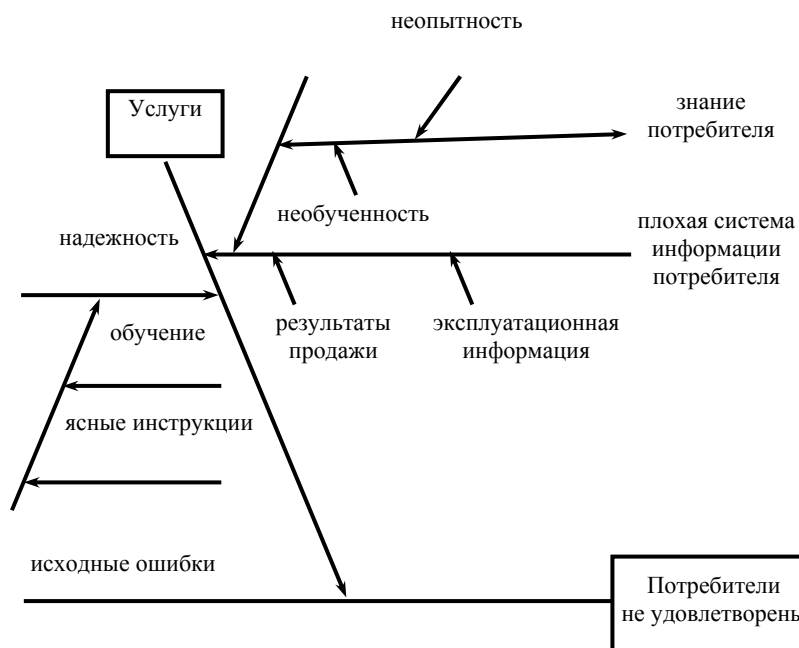
Этапы построения ПСД включают в себя:

- 1 Определяется показатель качества, т.е. результат, который требуется достичь.
- 2 Проводится "хребет" и в конце в прямоугольнике записывается показатель качества. Выделяются главные причины и соединяются с хребтом стрелками ("большие кости").
- 3 Выделяются вторичные причины и строятся "средние кости", затем третичные причины в виде "мелких костей".
- 4 Причины (факторы) ранжируются по их значимости, для этого используется диаграмма Парето. Выделяются наиболее важные факторы.
- 5 На диаграмму наносится вся необходимая информация: ее название, наименование изделия, процесса, имена участников, дата и т.д.

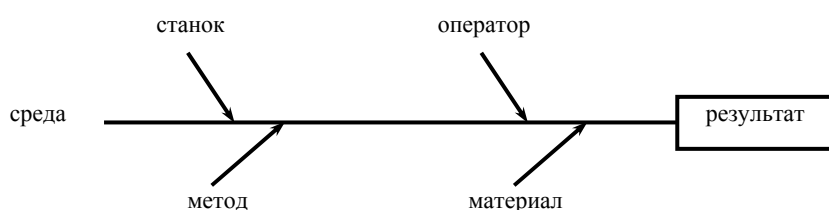
Для преодоления трудностей при построении ПСД рекомендуется рассмотреть проблему с точки зрения "изменчивости". Например, формируя "большие кости" можно рассмотреть возможные изменения в показателе качества. Если изменения существуют, надо проанализировать, почему это происходит. Так, может оказаться, что увеличение дефектов приходится на понедельник, надо выяснить почему.

Для поиска причин прибегают к активному обсуждению, методу "мозгового штурма" (предложил А.Ф. Осборн). При анализе ПСД систематизацию причин следует проводить в такой последовательности:

- а) от "мелких костей" к "средним",
- б) от "средних" к "большим".



**РИС. 43 ПРИМЕР РАЗВИТИЯ ПСД**



**РИС. 44**

### 3.9 КРУЖКИ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА

В 1991 году в Японии зарегистрировано больше 300 000 кружков контроля качества (Quality Control Circles) (ККК), обычно в отдельном кружке около 60 человек, таким образом вовлечено более 2 миллионов сотрудников. Так, фирма Тойота (Toyota) в 1984 г. имела более 58000 ККК.

ККК создаются не только на производстве, но и в супермаркетах, отделах и т.д. В них вовлекаются сотрудники фирм-поставщиков, фирм-потребителей.

Работа в ККК основана на следующих принципах:

- 1) участие добровольное;
- 2) глубокое изучение семи инструментов КК, программа Японского Союза ученых и инженеров (JUSE) предусматривает обучение в первую очередь статистических методов контроля;
- 3) темы для обсуждений выбирают сами; изучают различные журналы, книги по КК;
- 4) некоторые собрания проводятся во время работы (затем это окупается), в основном во вне рабочее время (обеденный перерыв, после работы);
- 5) основная цель улучшения качества процесса и самого продукта – максимально удовлетворить потребности потребителя;
- 6) стиль работы (принцип):
  - все делается обстоятельно, не спеша, принятое решение реализуется немедленно;

– практикуются методы принятия коллективных решений – ринги, основанные на инициативе снизу, длительном поиске консенсуса путем многократных и многоаспектных обсуждений проблем улучшения качества, "мозговой штурм";

7) вовлекаются все без исключения работники;

8) работа поддерживается руководством (менеджментом);

9) темы для обсуждения: ошибки программирования, экономия энергии, стимуляция клиентов, стоимость, безопасность, продуктивность;

10) улучшение контактов и взаимодействия между управляющим аппаратом и сотрудниками;

11) не подменяют специальные службы качества, а дополняют их.

"Западный" подход: аналогичная работа проводится в рамках Команд по усовершенствованию (Improvement Team). Команды вырабатывают рекомендации и часто уполномочены выполнять то, что сами рекомендуют. Для этого получают ресурсы (людей, машины, финансы). Такие команды составляют неотъемлемую часть всех компаний и организаций Запада.

## ЛИТЕРАТУРА

1 Всеобщее управление качеством: Учебник для вузов / О.П. Глудкин, Н.М. Горбунов, А.И. Гуров, Ю.В. Зорин; под ред. О.П. Глудкина, - М.: Радио и связь, 1999.-600 с.

2 Димитриев Д.В., Димитриева З.М., Рыбаков М.Ю. и др. Управление проектами. Практическое руководство. М.: Юркнига, 2003. 288 с.

3 Менеджмент для инженера. В 3-х частях. Часть 1. Основы менеджмента. Учебник. / Н.Г. Авдеева, О.Н. Дмитриев, Э.С. Минаев; под ред. Э.С. Минаева М.: Высшая школа, Доброе слово, 2002. 359 с.

4 Эдвард В. Деминг. Выход из кризиса. Тверь: Альба, 1994.

5 Басовский Л.Е., Протасьев В.Б. Управление качеством: Учебник. М.: ИНФРА-М, 2000, 2001.

6 Красовский Ю.Д. Организационное поведение: Учебник. М.: ЮНИТИ, 2000.

7 Управление качеством: Учебник/С.Д. Ильенкова, Н.Д. Ильенкова, В.С. Мхитарян и др.; под ред. С.Д. Ильенковой. М.: Банки и биржи, ЮНИТИ, 1998. 199 с.

8 Шиндовский Э., Шюрц О, Статистические методы управления качеством. М.: Мир, 1976. 597 с.