

Федеральное агентство по образованию

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
Ульяновский государственный технический университет

Т. П. АБОМЕЛИК

Управление качеством электронных средств

Учебное пособие

Ульяновск 2007

УДК 621.3.038:658.5 (075)

ББК 65.304.15-80 я7

А 15

Рецензенты: заместитель директора Ульяновского Филиала ИРЭ РАН, к.т.н.
А.А.Широков
д.э.н., профессор, заведующий кафедрой «Экономический анализ и
государственное управление» А.Е.Лапин

Утверждено редакционно-издательским советом УлГТУ в качестве учебного
пособия

Абомелик Т. П.

А 15 Управление качеством электронных средств: учебное пособие /
Т. П. Абомелик. – Ульяновск: УлГТУ, 2007. – 127 с.

Пособие разработано в соответствии с Государственным образовательным стандартом по дисциплине «Управление качеством электронных средств». В нем рассматриваются системные методы управления качеством, семь инструментов контроля качества, семь инструментов управления качеством. Пособие предназначено для студентов обучающихся по направлению 21020068 «Проектирование и технология ЭС» и специальности 21020165 «Проектирование и технология РЭС».

УДК 621.3.038:658.5 (075)

ББК 65.304.15-80 я7

© Т.П.Абомелик

© Оформление. УлГТУ, 2007

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	5
1. Понятие качества и управления им.....	6
1.1. Проблема качества продукции – важнейшая проблема экономики.....	6
1.2. Понятие качества, как степени удовлетворения общественной потребности.....	7
1.3. Экономическое и социальное значение качества.....	8
1.4. Факторы, влияющие на качество продукции.....	11
1.5. Качество продукции как объект управления.....	12
1.6. Цикл Деминга.....	13
1.7. Цикл РДСА – непрерывный цикл улучшения качества.....	14
1.8. Качество продукции и стандартизация.....	15
1.9. Развитие теории Всеобщего Управления Качеством (TQM).....	17
2. Методы оценки качества радиоэлектронных средств.....	20
2.1. Качество продукции. Объекты качества.....	20
2.2. Показатели качества радиоэлектронных средств.....	21
2.3. Квалиметрия как наука.....	29
2.4. Основные методы квалиметрии.....	33
2.5. Комплексная оценка качества продукции.....	34
2.6. Математические модели комплексного показателя качества.....	34
2.7. Функция «вето».....	38
2.8. Экспертное оценивание качества продукции.....	39
2.9. Математические критерии оценки достоверности экспертных выводов.....	42
2.10. Оценка технического уровня продукции.....	44
2.11. Области применения квалиметрии.....	48
3. Концепция Всеобщего Управления Качеством и методология построения систем управления качеством.....	50
3.1. Принципы управления качеством продукции.....	50
3.2. Эволюция систем управления качеством на отечественных промышленных предприятиях.....	51
3.3. Японская система управления качеством.....	54
3.4. Концепция Всеобщего Управления Качеством (TQM).....	58
3.5. «Петля качества». Общие понятия о системах качества.....	63
3.6. Требования к системам качества в соответствии со стандартами ISO (ИСО) серии 9000.....	67
3.7. Преимии в области качества.....	70
4. Статистические методы контроля качества.....	81
4.1. Задачи контроля качества продукции.....	81
4.2. Виды контроля качества.....	81
4.3. Области применения статистических методов анализа и контроля.....	85
4.4. Виды выборок и методы их отбора.....	87
4.5. Семь инструментов контроля качества.....	88
4.6. Статистический ряд и его формирование при управлении качеством.....	88
4.7. Контрольные листы.....	92
4.8. Использование гистограмм для управления качеством.....	95
4.9. Диаграммы разброса (поля корреляции).....	97
4.10. Методы расслаивания (стратификации) данных.....	101
4.11. Диаграммы Парето.....	102
4.12. Причинно-следственные диаграммы.....	103
4.13. Контрольные карты.....	105
4.14. Кружки Контроля Качества на японских предприятиях.....	109

4.15. Статистический приемочный контроль качества.....	110
4.16. Точностная диаграмма	114
5. Методы управления качеством	116
5.1. Семь инструментов управления качеством	116
5.2. Метод «мозгового штурма».....	116
5.3. Диаграмма сродства	116
5.4. Диаграмма связей	117
5.5. Древоподобная диаграмма.....	118
5.6. Матричная диаграмма.....	119
5.7. Стрелочная диаграмма.....	121
5.8. Диаграмма процесса осуществления программ (PDPC).....	121
5.9. Матрица приоритетов.....	121
5.10. Процесс развертывания функции качества (OFD)	122
5.11. Концепция «Дома Качества».....	123
5.12. Сферы приложения методов управления качеством	124
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	1266
Библиографический список литературы.....	127

Основной задачей курса является изучение методов управления качеством электронных средств и применение их для решения конкретных задач.

Проблема качества продукции рассматривается во всем мире как одна из важнейших, поскольку она определяет престиж страны на мировом рынке, ее научно-технический потенциал и степень развития экономики. Перестройка экономики нашей страны, необходимость включения в мировую экономику – все это выдвигает проблему качества в число важнейших национальных проблем. Говоря о проблеме качества, следует помнить, что за этим понятием всегда стоит потребность. Качество оценивается только потребителем и поэтому должно быть поставлено в зависимость от его запросов и пожеланий. Стратегии качества в организации должна предусматривать непрерывное лично участие руководства в вопросах, связанных с качеством.

В создании качественного продукта должны участвовать все сотрудники предприятия, фирмы, весь персонал.

Управление качеством, выделившись в отдельную дисциплину в 20-е годы XX века, в настоящее время органически влилось в общий менеджмент организации. Наступивший XXI век нередко называют веком качества. Ежегодно ЮНЕСКО определяет рейтинг стран по показателю качества жизни.

Исторический опыт показывает, что с повышением внимания к качеству начинается выход из кризисных ситуаций во многих странах. Наиболее эффективной рабочей моделью качества в настоящее время является модель Всеобщего Управления Качеством, которая представляет собой новый подход к управлению любой организации, заинтересованной в качестве. В России внимание к управлению качеством постоянно возрастает. Особенно остро проблема качества встает в свете предстоящего вступления России в члены ВТО (Всемирная Торговая Организация). При этом достойную конкуренцию импорту товаров смогут составить только качественные российские товары.

Учебное пособие знакомит студентов с основными достижениями теории и практики управления качеством электронных средств, которые необходимо использовать во всех сферах деятельности любого предприятия, фирмы: в процессе разработки, производства и эксплуатации. Фундаментальная концепция обеспечения качества заключается в следующем:

качество определяется запросами потребителя;

качество играет важнейшую роль в деловой стратегии любого предприятия, фирмы.

Данное учебное пособие рассматривает вопросы управления качеством применительно к радиоэлектронным средствам.

Учебное пособие предназначено для студентов, обучающихся по направлению «Проектирование и технология ЭС» и специальности «Проектирование и технология РЭС».

1. Понятие качества и управления им

1.1. Проблема качества продукции – важнейшая проблема экономики.

Качество продукции – это степень совершенства ее, отвечающая запросам потребителя и возможностям производителя.

До конца 80-х годов 20-го века качество промышленной продукции было на втором плане: промышленные предприятия и фирмы отдавали предпочтение количеству выпускаемых изделий и их цене. В начале 90-х годов 20-го века положение изменилось. Покупатель стал отдавать предпочтение качеству изделия, а не его цене. Так, например, в 1979 году из 10 покупателей предпочтение качеству отдавали 3–4 покупателя, а в 1990 году уже 8 покупателей из 10 отдавали предпочтение качеству, и только 2 покупателя из 10 на первое место ставили цену изделия. Таким образом, сам покупатель промышленной продукции вывел проблему качества в число первоочередных. Именно в 90-е годы 20-го века во всех странах наметили рост внимания промышленников к качеству выпускаемой продукции.

Установлена корреляционная связь между качеством и успехом бизнеса. Возврат вложенных средств у предприятий с более высоким качеством, по сравнению с предприятиями с низким качеством, выше в 2,7 раза, а прибыль в 2,4 раза.

В будущем успех будут иметь те предприятия, которые предложат изделия с высоким качеством, более глубоко удовлетворяющих потребности настоящих и будущих заказчиков и вместе с тем сократят до минимума свои затраты на изготовление промышленной продукции.

Качество продукции должно соответствовать структуре и динамике общественных потребностей.

В любой стране высокое качество производимой продукции повышает эффективность ее экономики, сокращает сроки внедрения в производство достижений науки и техники, обеспечивает более полное использование природных, производственных и трудовых ресурсов, снижает непроизводительные расходы, повышает конкурентоспособность продукции, расширяет ее экспорт, увеличивает эффективность внешнеторговых операций, повышает авторитет страны на мировой арене. Чем выше качество продукции, тем эффективнее и производительнее весь общественный труд. Низкое качество продукции приводит к значительным потерям в экономике страны, которые складываются из потерь в производстве (потери от брака) и в эксплуатации. В нашей стране ежегодные убытки в экономике, связанные с выпуском недоброкачественной продукции достигли 30 млрд руб. (в ценах 1999 года). Из-за отказов ежегодные затраты на ремонт машин и оборудования составили 15 млрд руб., на изготовление запасных частей отвлеклось до 50% заводских производственных мощностей.

Переход отечественной экономики на рыночные отношения не означает автоматического решения проблемы качества. Для выпуска высококачественной продукции изготовитель должен внедрять в производство наиболее прогрессивные технические решения и технологии, в которых использованы новейшие достижения отечественной и зарубежной науки и техники.

Многие страны в настоящее время в области качества достигли хороших результатов. Так, например, уровень брака в Японии составляет 0,03% т. е. на миллион выпускаемых изделий приходится 300 отказов. В США уровень брака в 10 раз выше и составляет 0,3%.

Проблема качества – это не только решение технических проблем. Западные специалисты не менее важное значение придают вопросам управления. Идеология и политика предприятий в области качества, структура системы управления качеством, маркетинговые исследования и другие вопросы приходится решать предприятию, если оно заботится о конкурентоспособности своей продукции и имидже предприятия.

Успешное решение проблемы качества продукции немислимо без обучения сотрудников предприятия. Эту проблему сформулировал известный специалист в области качества профессор Токийского университета доктор Каору Ишикава: «Качество начинается и заканчивается обучением».

Известный ученый в области качества доктор Эдвард Дэмнинг предложил для России концепцию развития, названную «цепной реакцией». Схема этой концепции следующая: улучшение качества → снижение затрат → повышение производительности труда → снижение цены → расширение рынка → удержание рынка → обеспечение работой и увеличение объема работы → возврат капиталовложений.

Во главу всей концепции ставится потребитель и, следовательно, высокое качество.

Качество, являясь проблемой комплексной, требует и комплексного решения: ее можно решить только при условии реализации политики в сфере законодательства, государственных управляющих решений, техники.

Необходимость включения нашей страны в мировую экономику выдвигает решение проблемы качества в число важнейших национальных проблем.

1.2. Понятие качества, как степени удовлетворения общественной потребности

Качество не только детерминированное понятие, но и философская категория. Качество, как философская категория, выражает неотделимую от бытия объекта его существенную определенность, благодаря которой он является именно этим, а не иным объектом. Категория качества впервые была проанализирована Аристотелем (3 век до н. э.), определявшим качество как «видовое отличие». Немецкий философ Гегель (19 век) определил качество как логическую категорию... «Качество есть вообще тождественная с бытием определенность... Нечто есть благодаря своему качеству то, что оно есть, и, теряя свое качество, оно перестает быть тем, что оно есть».

Американский ученый доктор Э. Шухарт в 1931 г. рассматривал два аспекта качества: с одной стороны, – объективные физические характеристики предмета, с другой – субъективная категория – насколько предмет «хорош».

Объектом качества может быть продукция.

Продукция – это материальный результат труда, обладающий полезными свойствами, предназначенный для использования потребителем. Качество продукции представляет собой ее свойство (способность) удовлетворять общественные потребности, а также ожидания конкретного потребителя.

Любая продукция обладает бесчисленным множеством свойств. Свойство продукции – это объективная особенность продукции, проявляющаяся при ее создании, эксплуатации или потреблении. При оценке качества продукции следует учитывать только свойства, которые имеют для потребителя первостепенное значение.

Определение качества дано в ГОСТе 15467–93: «Качество продукции – совокупность свойств продукции, обуславливающих ее пригодность удовлетворять определенным потребностям в соответствии с ее назначением».

Международная организация по стандартизации ИСО (ISO) дает более полное определение понятию качества. В соответствии с международным стандартом: «качество продукции или услуги – это совокупность свойств и характеристик продукции или услуги, которые придают им способность удовлетворять обусловленные или предполагаемые потребности».

Таким образом, в обоих определениях понятие качества рассматривается с точки зрения удовлетворения общественной потребности. Несомненно, что в будущем понятие качества будет уточняться.

1.3. Экономическое и социальное значение качества

Экономическое значение качества проявляется в виде прибыли предприятия от продажи качественно изготовленной продукции, а так же в виде затрат производителя для обеспечения качества в соответствии с требованиями потребителя.

Затраты включают в себя затраты на проектирование и производство продукции, а так же затраты на сервисное обслуживание изделий и поддержание качества в течении гарантийного срока.

Доход от продажи одного изделия равен:

$$D = C - C_{ст}, \quad (1.1)$$

где D – доход от продажи одного изделия; C – цена изделия; $C_{ст}$ – стоимость изделия для поставщика (производителя).

Улучшение качества связано, как правило, с дополнительным финансированием для реализации дополнительных мероприятий. Величину дополнительных затрат очень сложно определить, т. к. улучшение качества не всегда приводит к необходимому увеличению продаж продукции, что окупит дополнительные затраты на качество. Такая задача не имеет точного решения, в ней присутствует фактор неопределенности – поведение потребителя. Объем продаж определяет не только качество продукции, но и ее стоимость. В условиях конкурентной борьбы необходимо обеспечить не только конкурентоспособность качества продукции, но и конкурентоспособность ее себестоимости, позволяющей получить прибыль организациям производящим продукцию, поставляющим продукцию и обеспечивающим сервисное обслуживание.

Обеспечение высокого качества при минимальной себестоимости продукции во многом зависит от организации управления финансовой деятельностью предприятия, включающей управление стоимостью качества. Американский ученый доктор Арманд Фейгенбаум писал: «Качество и стоимость – это сумма (единое целое), а не различные конфликтные категории. Считается, что изделие более высокого качества является более трудоемким для предприятия, это старый миф, который утвердился в нашем сознании. Мировой опыт показывает, что такая точка зрения ошибочна. Требования высокого качества дисциплинируют производителя, приводят к более качественному использованию рабочей силы, оборудования, материалов, повышению производительности труда и, как следствие, снижению затрат на обеспечение качества».

Традиционная точка зрения на стоимость качества показана на рис. 1.1.

По оси абсцисс отложена вероятность бездефектности продукции P , которая равна

$$P = \frac{N - D}{N}, \quad (1.2)$$

где N – объем продукции; D – число дефектных единиц продукции.

При отсутствии дефектных изделий в продукции $D=0$, а $P=1$, что соответствует 100% качеству готовой продукции. Если же вся готовая продукция является дефектной, то $D=N$, а $P=0$ (100% дефектов).

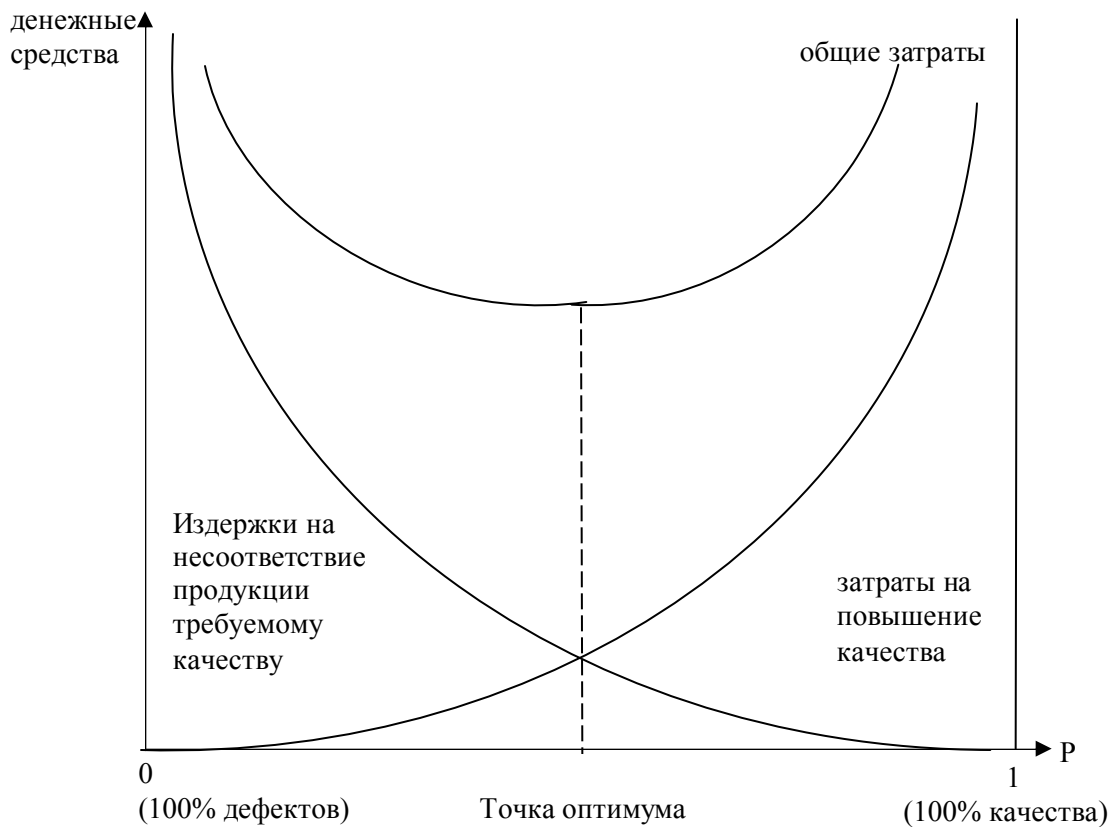


Рис. 1.1. Традиционная модель оптимальной стоимости качества

Очевидно, что даже при 100%-й дефектности продукции производитель затратит средства на ее изготовление, а эти затраты уже не окупятся и будут составлять издержки производителя на производство некачественной продукции. В настоящее время традиционная точка зрения на стоимость качества, базирующаяся на определении точки оптимума затрат на качество, не отражает новых реальностей. Развитие технологии в настоящее время привело к созданию производства, обеспечивающего минимальный разброс параметров продукции за счет внедрения современных методов проектирования, подготовки производства и управления качеством. В результате стало возможным изготавливать продукцию без дефектов. В этом случае затраты производителя на повышение качества становятся конечной величиной при 100%-м соответствии продукции техническим условиям (100% качество). Кроме того, улучшение качества может привести к увеличению продаж, т. к. потребитель начал требовать от продукции большей надежности, большей точности в выполнении заданных функций в связи с ростом сложности продукции. Все эти факторы сдвигают кривую общих затрат вправо, и стоимость качества становится минимальной при 100%-м уровне качества (штриховая линия на рис. 1.2).

Поэтому с учетом новых тенденций оптимальная точка теряет свой практический смысл и не дает оперативной информации для управления процессом улучшения качеством.

В процессе управления качеством производителю необходимо анализировать затраты на качество. Основные составляющие затрат на качество представлены на рис. 1.3.

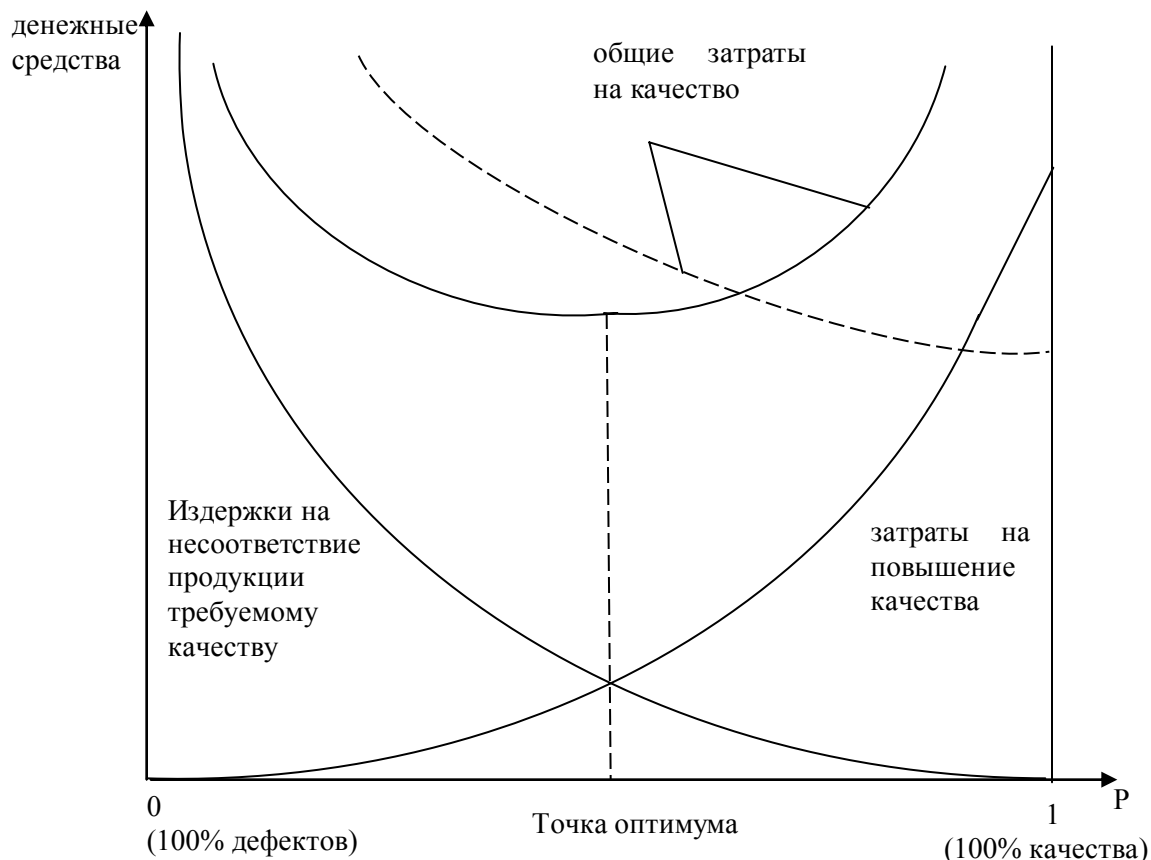


Рис. 1.2. Изменение стоимости качества в связи с внедрением новых технологий

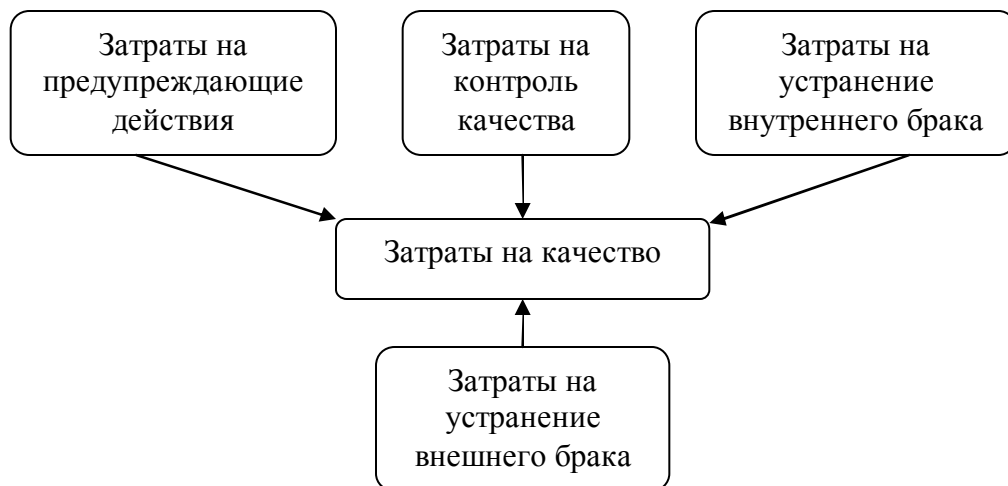


Рис. 1.3 Основные составляющие затрат на качество

Затраты на предупреждающие (превентивные) действия – это затраты производителя по предупреждению брака и дефектов, включая затраты на разработку, внедрение и поддержание системы качества.

Затраты на контроль качества (инспекцию) – это затраты на входной, операционный, приемочный контроль продукции, а также затраты на приемо-сдаточные испытания готовой

продукции, которые проводятся в обязательном порядке каждым производителем для оценки ее качества перед поставкой потребителю.

Затраты на устранение внутреннего брака – это затраты, связанные с устранением дефектов в ходе производства. Внутренний брак – это брак, обнаруженный производителем до поставки продукции потребителю. Эти затраты являются издержками производителя, т. е. затратами, которые он не может вернуть за счет потребителя.

Затраты на устранение внешнего брака – это затраты на гарантийный ремонт, затраты на замену продукции, отказавшей в течение гарантийного срока. Внешний брак – это брак, обнаруженный потребителем. Относительная доля составляющих затрат на количество приведена в таблице 1.1.

Таблица 1.1

Относительная доля составляющих затрат на качество

Составляющие затраты на качество	Доля от суммарных затрат, в %
Затраты на предупреждающие действия	0,5 – 5
Затраты на контроль качества	10 – 50
Затраты на устранение внутреннего брака	25 – 40
Затраты на устранение внешнего брака	25 – 40

Для того чтобы избегать неоправданных издержек, производитель должен делать, как говорят японцы, «правильные вещи правильно, в нужное время, в нужном месте и с первого раза».

Качество продукции имеет не только экономическое, но и социальное значение. Качество продукции зависит от квалификации работников, взаимоотношений в коллективе, организации производства и, что особенно важно, веры людей в правильность и эффективность принимаемых решений. Качество может быть достигнуто при искреннем участии всего персонала, а не только нескольких специалистов.

При этом необходимо стимулировать и усиливать ответственность за качество каждого исполнителя, а цели повышения качества на предприятии и политика в области качества, должны быть известны всем рабочим, а не только высшему руководству.

1.4. Факторы, влияющие на качество продукции

На качество продукции оказывают влияние многие факторы, различные по воздействию, характеру, длительности действия в процессе проектирования, производства и эксплуатации.

Факторы, влияющие на качество продукции, можно разделить на конструктивные, производственные, эксплуатационные, социальные, организационные, экономические.

Конструктивные факторы, определяют качество разработки изделия, его технический уровень, состояние технической документации. Они зависят от инженерных (технических) решений. Производственные факторы (технологические факторы) определяют уровень технологической подготовки производства, технологической базы производства, технологии изготовления.

Эксплуатационные факторы – факторы, действующие в процессе эксплуатации изделия: внешние воздействия (климатические, механические, биологические и др.), действия оператора и его ошибки.

Социальные факторы – факторы, характеризующие квалификацию работников, уровень их образования, культурный уровень; взаимоотношение в коллективе, жилищно-бытовые условия.

Организационные факторы характеризуют политику предприятия в области качества, организацию производства, состояние технологической дисциплины и культуру производства.

К экономическим факторам относятся экономические воздействия на качество продукции при ее создании и эксплуатации – себестоимость, цена, уровень заработной платы.

Факторы, влияющие на качество продукции, можно разделить на субъективные и объективные. Субъективные факторы связаны с деятельностью человека и зависят только от него. Это степень квалификации работников, общеобразовательный уровень, психологические аспекты и др. Объективные факторы можно разбить на три группы: технические, организационные и экономические. К техническим факторам относятся: конструктивные, производственные и эксплуатационные факторы. Факторы, влияющие на качество продукции, изображены на рис. 1.4.

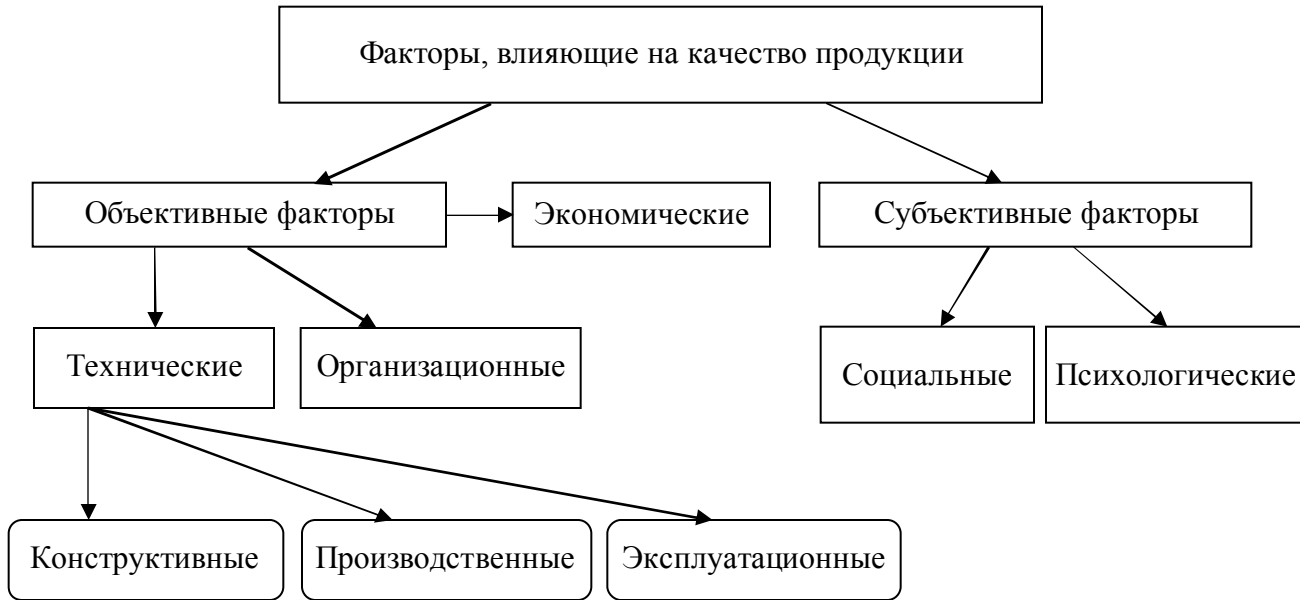


Рис. 1.4. Факторы, влияющие на качество продукции

Таким образом, на качество продукции оказывают влияние многие факторы, управляя этими факторами, можно управлять и качеством выпускаемой продукции.

1.5. Качество продукции как объект управления

Управление – это творческий процесс, в котором трудно установить границу, где заканчивается наука и начинается искусство управления. Процесс управления включает сбор, переработку и передачу информации, используемой для выработки решений. Управление представляет собой целенаправленное воздействие на поведение людей или трудовые коллективы в целях достижения конкретных, заранее определенных результатов.

Качество продукции является специфическим объектом управления и обладает существенными особенностями.

Управление качеством – это комплекс мероприятий на этапах проектирования, производства и эксплуатации изделия, направленный на обеспечение и поддержание необходимого уровня качества изделия.

Управление качеством продукции представляет собой направленное воздействие на участников совместного трудового процесса в интересах достижения целей, связанных с повышением качества продукции. Такое управление представляет собой взаимосвязь двух

подсистем: управляющей и управляемой и поэтому является категорией социально-экономической, включающей взаимоотношения между людьми в сфере производства продукции с заданным уровнем качества. Качество продукции является объектом управления в процессе разработки технических требований, проектирования, испытаний, производства и эксплуатации продукции. Сам процесс управления представляет собой воздействие на отдельные свойства данной продукции либо на совокупность свойств, обуславливающих ее пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с назначением. Не все свойства продукции подвергаются воздействию, а только те, которые определяются потребностью заказчика в соответствии с назначением данной продукции.

1.6. Цикл Деминга

Информацию о качестве выпускаемой продукции получают с помощью контроля качества. Контроль качества проводится на всех этапах жизненного цикла изделия. Этапы жизненного цикла изделия показаны на рис. 1.5.

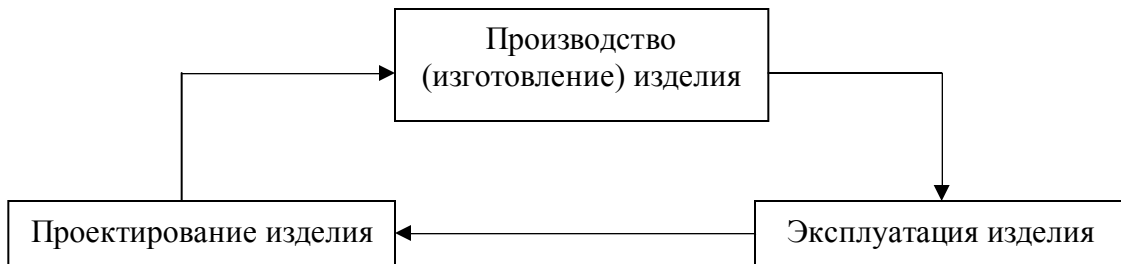


Рис. 1.5. Этап жизненного цикла изделия

Контроль качества осуществляется путем сравнения запланированного значения параметра качества с действительным показателем качества. Например, параметром качества изделия является его масса, а показателем качества будет конкретное значение этой массы, записанное в нормативно-технической документации. Современный контроль качества широко использует статистические методы. Контроль качества, базируясь на статистических методах и развиваясь циклически, проходит через определенные этапы (рис. 1.6). Этот цикл называется циклом Деминга, а его реализация – оборотом цикла Деминга.

В Японии в начале 60-х годов 20-го века из множества статистических методов были выбраны семь наиболее доступных и эффективных статистических методов контроля качества. Они получили название «семь инструментов контроля качества». К этим методам относятся: причинно-следственная диаграмма, диаграмма Парето, методы расщепления (стратификации) данных, диаграмма разброса (поле корреляции), гистограмма, контрольная карта, контрольный лист. С целью обучения персонала статистическим методом контроля качества в Японии на предприятиях существуют специальные кружки качества.

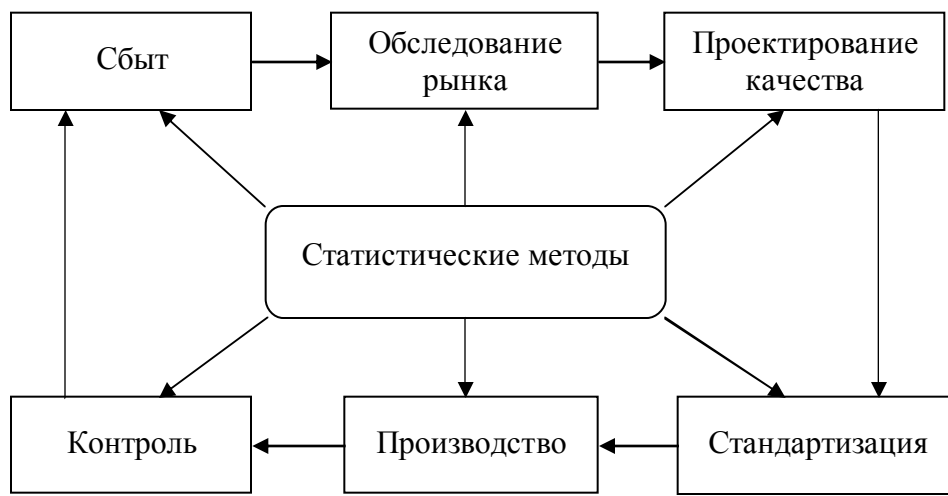


Рис. 1.6. Цикл Деминга

1.7. Цикл РДСА – непрерывный цикл улучшения качества

Понятие цикла Деминга не ограничивается только контролем качества продукции, его можно распространить на все управление производством. Процесс управления можно рассматривать как последовательность прохождения таких важнейших этапов: план (PLAN), реализация (Do), проверка (CHECK), исправления (ACTION). Любая работа начинается с составления плана (P), после чего выполняется сама работа (D) в соответствии с планом, затем проверяется соответствие полученного результата запланированному (C) и, наконец, принимаются необходимые меры (A) в случае отклонения результата исполнения от запланированного. Этот цикл называется РДСА-циклом или циклом Деминга, (рис. 1.7).

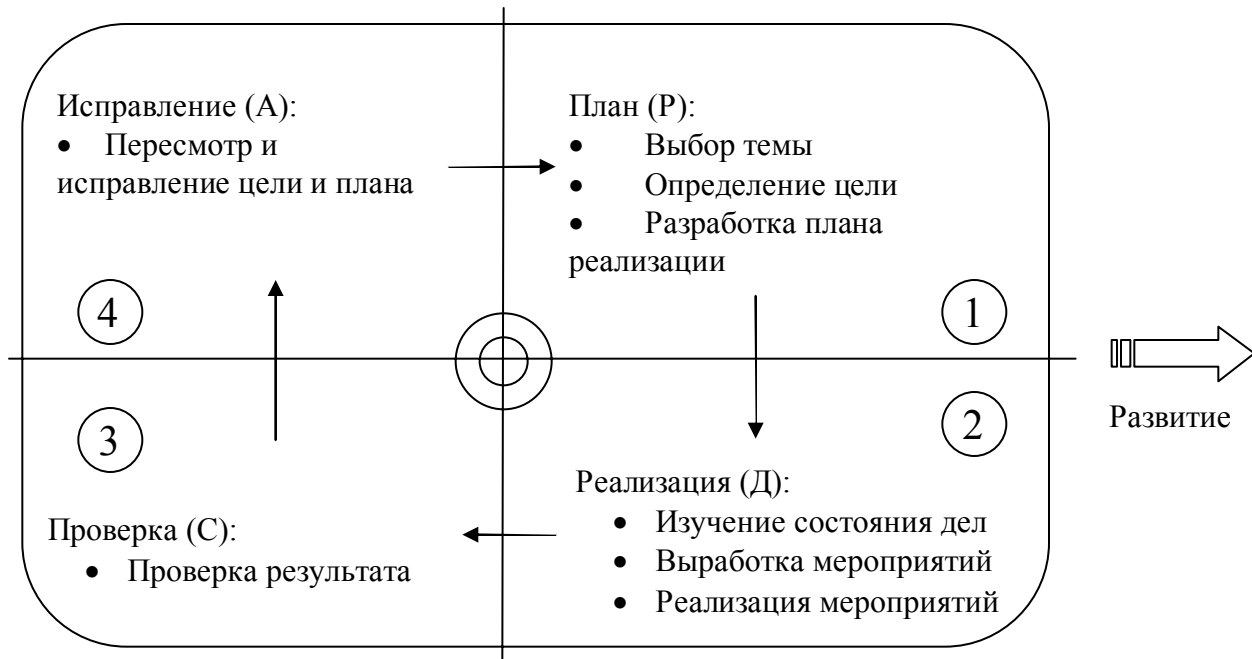


Рис. 1.7. Цикл РДСА (Цикл Деминга)

После завершения первого цикла вновь переходят к составлению нового плана, в который вносится коррекция с учетом предыдущих ошибок. Цикл повторяется до

совпадения результатов с планом. Цикл РДСА является основным методом повышения качества. При контроле качества этап планирования заменяется стандартом или нормой (рис. 1.8). В этом случае в квадрате 1 вместо Плана (P) будет стандарт (S), в соответствии с которым корректируется процесс изготовления изделия.

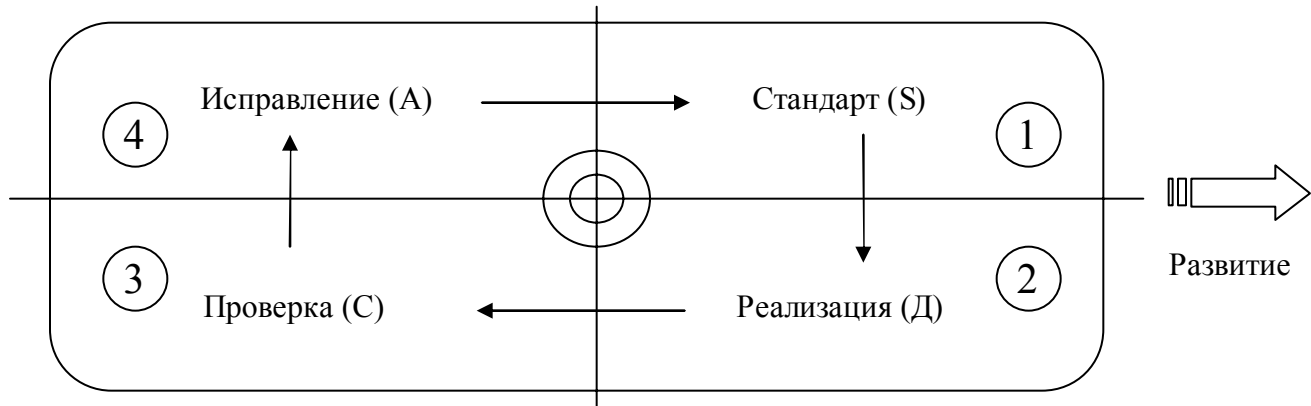


Рис. 1.8. Цикл СДСА

1.8. Качество продукции и стандартизация

Стандартизация – это установление и применение правил с целью упорядочения деятельности в определенной области на пользу и при участии всех заинтересованных сторон, в частности, для достижения всеобщей оптимальной экономии при соблюдении условий эксплуатации (использования) и требований безопасности.

Стандартизация – это плановая деятельность по установлению обязательных правил, норм и требований, выполнение которых обеспечивает экономически оптимальное качество продукции, повышение производительности труда и эффективности использования материальных ценностей при соблюдении требований безопасности. Стандарт – это нормативно-технический документ, устанавливающий нормы, правила, требования к объекту стандартизации и утвержденный компетентным органом. Стандарты регламентируют параметры продукции, материалов, устанавливают требования к проведению контрольных операций, к конструкторской и технологической документации, к технологической подготовке производства, к организационным формам производства. Стандарт – это целесообразное решение повторяющейся задачи для достижения определенной цели. Стандарт содержит показатели, которые гарантируют возможность повышения качества продукции и экономичности ее производства. Для усиления роли стандартизации в техническом прогрессе, повышении качества продукции и экономичности ее производстве действует Государственная система стандартизации. Главная цель Государственной системы стандартизации – с помощью стандартов, устанавливающих показатели, нормы и требования, соответствующие передовому уровню науки, техники и производства, содействовать развитию всех отраслей промышленности. Эта система так же ставит своей целью улучшение качества работы, качества продукции и обеспечение его оптимального уровня.

Государственная система стандартизации решает следующие задачи:

- разработку прогрессивных систем стандартов, определяющих требования к конструкции изделий, технологии их производства, качеству сырья, материалов, полуфабрикатов и комплектующих изделий, а также создающих условия для формирования требуемого качества продукции на стадиях ее проектирования, производства и эксплуатации, т. е. в процессе жизненного цикла изделия;

- определение единой системы показателей качества продукции, методов и средств контроля и испытаний;
- установление норм, требований и методов в сфере проектирования и производства с целью обеспечения оптимального качества продукции и исключения нерационального многообразия видов, марок, типоразмеров;
- развитие унификации промышленной продукции как важнейшего условия специализации, повышения экономичности производства, повышения производительности труда, уровня взаимозаменяемости, эффективности эксплуатации и ремонта изделий;
- обеспечение единства и достоверности измерений в стране, совершенствование государственных эталонов, методов и средств измерений;
- установление единых систем документации, в том числе унифицированных систем документации, используемых в автоматизированных системах управления;
- установление единых терминов и обозначений в различных областях науки, техники и экономики страны.

В условиях непрерывного возрастания сложности конструкций продукции и технологического оборудования для их изготовления важную роль играет специализация, кооперация и унификация производства. *Специализация* предприятий на массовом выпуске продукции широкого спроса (микросхемы, транзисторы, радиодетали) позволяет сократить себестоимость производств за счет введения новых технологий, автоматических линий, одновременно повышая качество выпускаемых изделий.

Унификация – это приведение различных видов продукции и средств ее производства к рациональному минимуму типоразмеров, форм, марок материалов и т. д.

Унификация позволяет сократить объем конструкторских работ в период проектирования, повысить уровень автоматизации производства, снизить себестоимость изготовления продукции. При унификации повышается качество выпускаемой продукции, ее надежность.

Кооперация производства в настоящее время достигла небывалых размеров. Многие западные, американские и японские фирмы осуществляют на своих предприятиях только общую сборку изделий. Предприятия, которые производят комплектующие для этих фирм, находятся в развивающихся странах с целью снижения затрат на оплату труда. При высоком уровне кооперации производства можно решить задачу изготовления высококачественной продукции при приемлемых ценах.

В зависимости от сферы действия Государственная система стандартизации предусматривает следующие категории стандартов: межгосударственные (ГОСТ), Российские (ГОСТ - Р) отраслевые (ОСТ), республиканские (РСТ), стандарты предприятия (СТП).

Государственные Российские стандарты обязательны для всех предприятий страны в пределах сферы их деятельности. Государственные стандарты устанавливают требования к продукции массового и крупносерийного производства широкого применения, к продукции, поставляемой на экспорт, а также общие нормы и термины. Отраслевые стандарты используют все предприятия и организации данной отрасли, а также предприятия разрабатывающие, изготавливающие изделия для данной отрасли или применяющие их. Отраслевые стандарты устанавливают требования к технической оснастке, инструменту, к материалам, к типовым технологическим процессам, используемым в данной отрасли.

Стандарты предприятий распространяются на нормы, правила, методы, составные части изделий, имеющие применение только на данном предприятии, на нормы в области организации и управления производством, на технологические нормы и требования, типовые технологические процессы, оснастку, инструмент и т. п. Стандарты предприятий являются основой системы управления качеством. Они охватывают все сферы деятельности предприятия и позволяют доводить требования государственных стандартов до каждого рабочего места. Для повышения качества продукции необходимо повышать точность

измерений. В 1993 г. у нас в стране был принят закон «Об обеспечении единства измерений», он касается обеспечения достоверности показателей качества продукции.

1.9. Развитие теории Всеобщего Управления Качеством (TQM)

Теория Всеобщего Управления качеством (TQM) возникла в 80–90 гг. 20-го века. Большой вклад в развитие теории TQM внесли американские ученые Э. Деминг, Кросби, Д. Джуран, японский ученый К. Исикава и др. Теории Всеобщего Управления качеством предшествовали следующие учения:

- научный менеджмент (1900–1930 гг. – Тейлор, Вебер, Файоль);
- человеческие ресурсы, бихевиористические (поведенческие) науки (1930–1960 гг. – Маслоу, Мак-Грегор);
- системные подходы (1970–1980 гг. – Берталанфи);
- Всеобщее Управление Качеством (1980–1990 гг.).

TQM – это принципиально новый подход к управлению любой организацией, нацеленной на качество, основанный на участии всех ее сотрудников и направленный на достижение долгосрочного успеха через удовлетворение требований потребителя и выгоды как для сотрудников организации, так и общества (т. е. выполнение требований общества). Всеобщее Управление Качеством должно становится идеологией, охватывающей все слои общества. На рис. 1.9 показана «пирамида качества», которая охватывает все сферы жизни общества, деятельность фирмы (предприятия), процессы разработки, изготовления и эксплуатации изделия. В основу теории TQM легли 14 постулатов Э. Деминга, которые он изложил в своей книге «Выход из кризиса»:

1. Сделать постоянной целью улучшение качества продукции и услуг.
2. Принять новую философию. Нельзя мириться с системой отставаний, ошибок, дефектностью материалов, необходимо постоянно улучшать качество всех систем, процессов, деятельности компании (фирмы).
3. Прекратить зависимость от инспекции. Для этого необходимо устранить массовые инспекции как способ достижения качества. Производитель может это сделать только при условии, если вопросы качества стоят для него на первом месте, и он постоянно имеет информацию о качестве, применяя статистические методы контроля качества.
4. Прекратить практику заключения контрактов на основе низких цен. Необходимо устанавливать с поставщиком долгосрочные отношения на основе доверия, выбирать одного поставщика для поставки одного вида продукции, совместно с поставщиком снижая общие затраты.
5. Постоянно улучшать систему. Постоянное улучшение системы планирования, производства и обслуживания обеспечивает постоянное улучшение качества и повышение производительности, постоянное наблюдение за процессами.
6. Обучать на рабочем месте. Необходимо вводить современные методы обучения на рабочих местах, включая управленческий персонал, особое внимание уделяя использованию возможностей каждого работника.
7. Учредить руководство. Это означает создание института руководства с целью оказания помощи персоналу в решении поставленных задач. Наиболее важной задачей для руководителя на любом уровне является оказание помощи подчиненному в его совершенствовании, чтобы он стал лидером. Необходимо способствовать двухсторонней связи между руководителем и подчиненным для повышения эффективности управления.

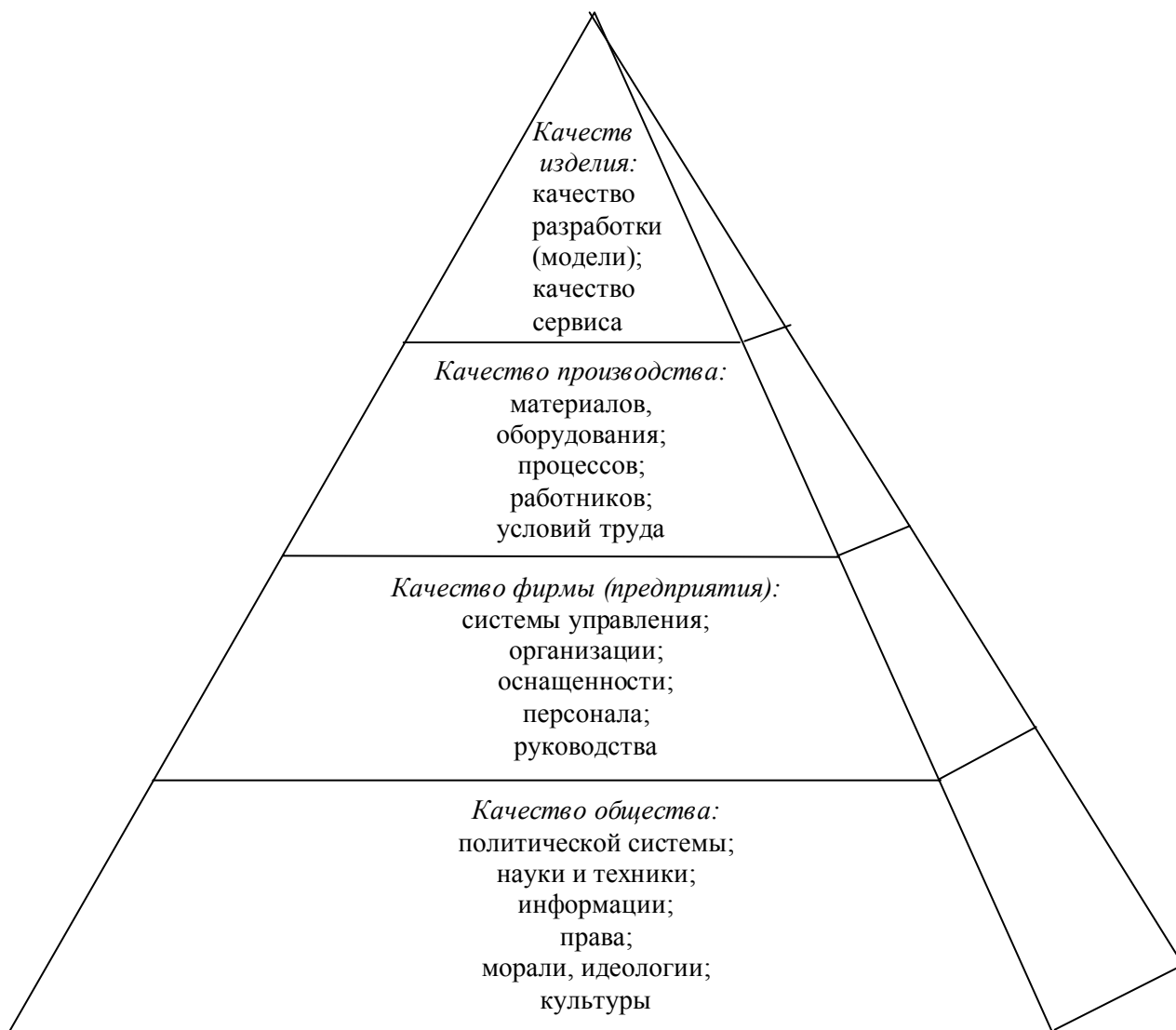


Рис. 1.9. «Пирамида качества»

8. Искоренить страх. Работник фирмы не должен бояться перемен в работе, а стремиться к ним.

9. Устранить барьеры. Кадры, работающие в области исследований, проектирования, производства, должны восприниматься как единая команда.

10. Избегать пустых лозунгов. Не призывать к улучшению качества, не учитывая способов его достижения. Большинство дефектов, а также низкое качество имеет место не потому, что служащий не хочет хорошо выполнить свою работу, а потому, что существующая на фирме система (заинтересованность, время выполнения работы, ответственность и др.) не позволяет ему выполнять работу качественно.

11. Исключить цифровые квоты для управления работой. Цифровые квоты характерны для сдельной работы. Нормы времени для сдельной работы устанавливаются как среднее время ее выполнения. Поэтому часть рабочих выполняет ее быстро и потом отдыхает, а другая часть запаздывает с ее выполнением и продолжает работать. Это не способствует созданию нормального климата в коллективе и может снизить производительность труда. Кроме того, при сдельной работе часть служащих занята изучением конкретных операций, замерами времени ее выполнения, установлением цифровых норм на сдельную работу. Было бы лучше использовать эту категорию людей на конкретной работе в процессе изготовления продукции, а сдельную систему заменить системой, обеспечивающей повышение качества

продукции и эффективность работы коллектива, которые должны работать как единая команда.

12. Дать возможность гордиться принадлежностью к компании. Трудно гордиться своей компанией (фирмой), если выпускаемая ей продукция низкого качества и не пользуется спросом у потребителя.

13. Поощрять образование и самосовершенствование. Продвижение по службе должно определяться уровнем знаний. Вовлечь каждого в работу по преобразованию компании «Качество – дело каждого».

14. Система практической реализации 14 постулатов Деминга в промышленности и сфере услуг получила название Всеобщего Управления Качеством – Total Quality Management (TQM). Основная заслуга в разработке этой системы принадлежит Японии. Говоря о 14 принципах управления качеством, Деминг, отмечал что «дорога к качеству – бесконечна».

Концепция TQM представлена в виде круговой диаграммы на рис. 1.10.



Рис. 1.10. Концепция TQM (круговая диаграмма)

Постулаты Деминга актуальны и для России. Российская экономика переживает кризисный период. Большая часть российских предприятий не выдержала в 90-е годы конкуренции рынка из-за низкого качества. России надо не только выйти из экономического кризиса, но и начать конкурировать с экономически развитыми странами.

Большинство постулатов Деминга связаны с изменением системы управления. Деминг считал, что специальные причины плохого качества составляют всего 6%, а причины, связанные с системой управления, составляют 94%. Учитывая опыт Японии и ряда западных стран, при реализации постулатов Деминга следует особое внимание уделять следующим моментам:

- эмоциональной сфере сотрудников фирмы. Необходимо устранить страх сотрудников фирмы перед наказанием или увольнением, заменив его доброжелательными отношениями между сотрудниками и руководством;
- мотивационной сфере сотрудников;
- развитию человеческих ресурсов – образованию и самообразованию;
- взаимоотношениям между руководством и подчиненными. Задача руководителя не контролировать, а помогать подчиненным в работе;
- взаимоотношениям между различными отделами, которые должны строиться на взаимопонимании.

В результате внедрения этих принципов полностью меняется система управления фирмой. В такой обстановке заботы о качестве продукции становится делом каждого сотрудника.

Концепция TQM сейчас используется во всех передовых странах мира.

2. Методы оценки качества радиоэлектронных средств

2.1. Качество продукции. Объекты качества

Качество продукции определяет ее полезность, пригодность к использованию по назначению.

Качество любого изделия – это совокупность свойств этого изделия, обуславливающая возможность его применения, удовлетворяющую определенным требованиям потребителя.

Объектом качества может быть:

- деятельность или процесс;
- продукция – результат деятельности или процесса;
- организация, система или отдельное лицо;
- любая комбинация из них.

Продукция, являясь объектом качества, может быть материальной или нематериальной.

Материальная продукция – это вещь, приобретаемая потребителем в виде продукта или изделия.

Нематериальная продукция – это информация или понятия, комбинация из них.

Понятие продукта очень широкое. Продукт может быть четырех видов: овеществленный продукт или готовая продукция, интеллектуальный продукт, продукт переработки, услуга.

В условиях конкурентной борьбы качество продукта является конечной целью любого производителя и определяет его ценность в глазах потребителя при эксплуатации.

Только потребитель является арбитром, оценивающим качество продукта.

Качество информации подразумевает достоверность получаемой фирмой информации о мнении потребителя по ценности продукта (изделия), при этом должен быть исключен так называемый «айсберговый эффект» (рис. 2.1). Если реакция потребителя будет отрицательной на данную продукцию, то производитель, как показывает опыт, увидит только маленькую вершину айсберга, при столкновении с которым кампания пойдет ко дну.

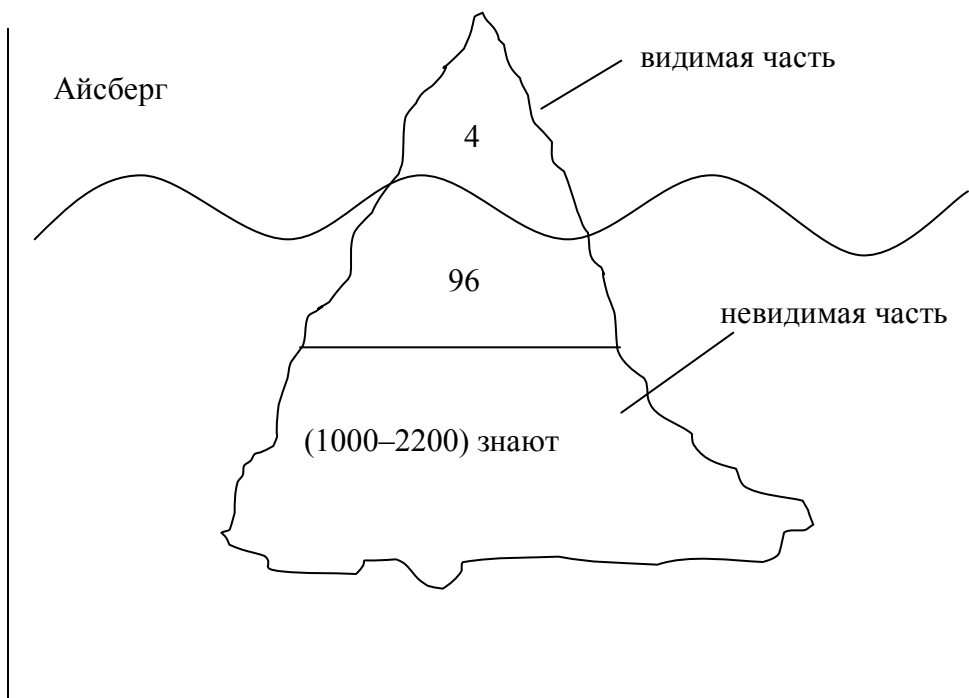


Рис. 2.1. «Айсберговый эффект»

Как видно из рисунка, только 4 неудовлетворенных потребителя из 100 пишут жалобу производителю. В то же время о некачественной продукции узнают 1000–2200 потребителей, т. к. неудовлетворенный потребитель скажет об этом 10–22 другим потребителям.

2.2. Показатели качества радиоэлектронных средств

Для количественной оценки свойств продукции, составляющих ее качество, применяются показатели качества. Показатель качества продукции – это количественная характеристика одного или нескольких свойств продукции, входящих в ее качество, рассматриваемая применительно к определенным условиям ее создания и эксплуатации или потребления. Существуют единичные и комплексные показатели качества. Единичный показатель качества – это показатель качества, относящийся к одному свойству продукции. Комплексный показатель качества – это показатель, относящийся к нескольким свойствам продукции.

Все показатели качества радиоэлектронных средств делятся на технические и экономические. Технические показатели качества делятся на показатели назначения (параметры), эксплуатационные показатели и производственно-технологические показатели. Классификация показателей качества приведена на рис. 2.2.

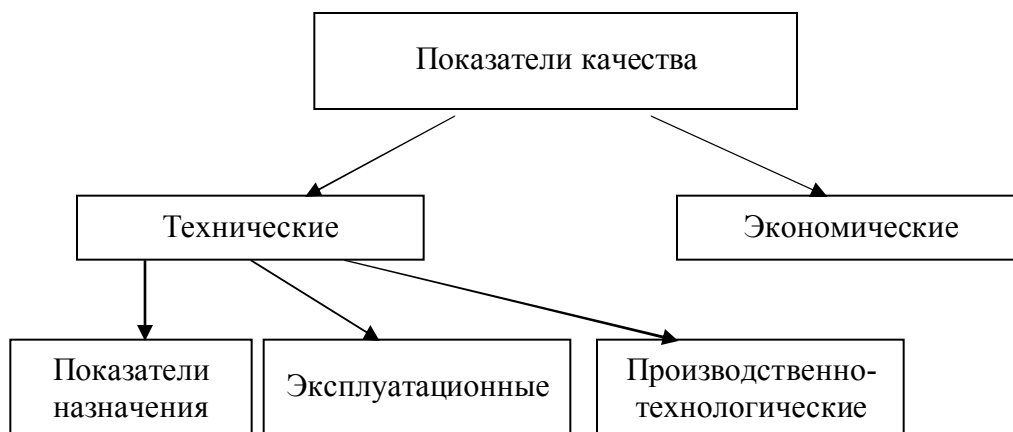


Рис. 2.2. Классификация показателей качества

Показатели средств назначения и эксплуатационные показатели – это то, что интересует потребителя (потребительские показатели). Путем сравнительной оценки этих показателей (по каталогам, рекламным данным, по инструкциям по эксплуатации и др.) и цены он делает выбор из имеющейся номенклатуры однотипных по назначению изделий. Показатели третьей группы (производственно-технологические) потребителя, как правило, не интересуют (для потребителя эти показатели частично отражены в цене). Эти показатели интересуют разработчика и производителя изделия.

Но производственно-технологические показатели существенно влияют на себестоимость изделия.

Среди указанных трех групп показателей качества изделий главной является группа показателей назначения.

Производственно-технологические показатели характеризуют затраты на обеспечение заданных «потребительских» показателей качества.

Если параметры назначения являются низкими, то никакие высокие показатели качества второй и третьей группы не спасут изготовителя от банкротства, так как в условиях конкуренции спрос на такие изделия будет отсутствовать.

Показатели назначения определяют основные функции, для которых предназначено изделие, и обуславливают область его применения. Показатели назначения

регламентируются стандартами, техническими условиями на изделие. Показатели назначения включают в себя:

- электрические параметры (излучаемая мощность, чувствительность, быстродействие, частота и т. п.);
- параметры функционального назначения (прием, передача, обработка сигналов);
- показатели технической эффективности; классификационные показатели; условия эксплуатации;
- масса-габаритные показатели;
- удельные масса-габаритные показатели.

Удельные масса-габаритные показатели (например, удельная мощность источника питания, приходящаяся на единицу объема или массы) характеризуют конструктивную эффективность изделия и широко используются для сравнительной оценки вариантов конструкций объектов проектирования.

К показателям назначения электроизмерительных приборов относятся, например:

- метрологические показатели: основная и дополнительная погрешности, пределы измерений, разрешающая способность;
- динамические показатели: быстродействие, частотный диапазон и другие;
- параметры входной и выходной цепи: входной и выходной ток, напряжение, сопротивление, емкость, индуктивность, пульсация выходной величины (для источников питания);
- условия эксплуатации: устойчивость к механическим воздействиям, температурный диапазон, влажность;
- конструктивные показатели: габариты, масса, плотность заполнения конструкции.

К эксплуатационным показателям можно отнести: показатели надежности (безотказности, долговечности, ремонтпригодности, сохраняемости), эргономические показатели, эстетические показатели, показатели транспортабельности, показатели безопасности, экологические показатели.

Показатели надежности

Показатели надежности составляют особую группу. Надежность – это свойство системы сохранять во времени в установленных пределах значения всех требуемых характеристик, параметров и показателей при заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, ремонтов, хранения и транспортировки. Понятие надежности тесно связано с понятиями безотказности, долговечности, ремонтпригодности и сохраняемости.

Под *безотказностью системы* понимают ее свойство непрерывно сохранять работоспособность в течение заданного промежутка времени при данных условиях эксплуатации.

Долговечность – это свойство системы сохранять работоспособность до наступления предельного состояния при установленных правилах обслуживания и ремонта.

Под *ремонтпригодностью* понимают свойство системы (изделия), заключающееся в приспособленности ее к обнаружению и устранению отказов, а также к их предупреждению.

Сохраняемость – свойство системы сохранять показатели безотказности, долговечности и ремонтпригодности в течение времени хранения и (или) транспортировки и после хранения и транспортировки. Так как надежность – сложное свойство, то существуют следующие единые показатели для оценки ее частных свойств.

Показатели безотказности:

Невосстанавливаемый (неремонтируемый) объект:

- *вероятность безотказной работы;*
- *интенсивность отказов;*

- *средняя наработка до отказа.*
- Восстанавливаемый (ремонтируемый) объект:
- *вероятность безотказной работы;*
 - *параметр потока отказов (интенсивность);*
 - *средняя наработка на отказ.*

Показатели долговечности:

Невосстанавливаемый объект:

- *средний срок службы;*
- *средний срок службы до списания;*
- *гамма-процентный срок службы;*
- *назначенный ресурс;*
- *средний ресурс;*
- *гамма-процентный ресурс.*

Восстанавливаемый объект:

- *средний срок службы;*
- *средний срок службы до списания;*
- *гамма-процентный срок службы;*
- *средний срок службы до среднего (капитального) ремонта;*
- *средний срок службы между средними (капитальными) ремонтами;*
- *назначенный ресурс;*
- *средний ресурс;*
- *гамма-процентный ресурс;*
- *средний ресурс между средними (капитальными) ремонтами;*
- *средний ресурс до списания;*
- *средний ресурс до среднего (капитального) ремонта.*

Показатели ремонтпригодности:

- *вероятность восстановления в заданное время;*
- *среднее время восстановления.*

Показатели сохраняемости:

- *средний срок сохраняемости;*
- *гамма-процентный срок сохраняемости.*

К комплексным показателям надежности относятся:

- *коэффициент готовности;*
- *коэффициент технического использования;*
- *коэффициент оперативной готовности;*
- *средняя и удельная суммарная трудоемкость технического обслуживания;*
- *средняя и удельная суммарная трудоемкость ремонтов.*

Эргономические показатели

Эти показатели характеризуют систему «человек – изделие – среда». Они охватывают всю область факторов, влияющих на работающего человека и эксплуатируемое изделие, учитывая комплекс гигиенических, антропометрических, физиологических и психологических свойств человека, проявляющихся в производственных и бытовых условиях. Взаимодействие человека с изделием и средой всегда связано с выполнением следующих операций: избирательного выбора в приеме информации; переработка

информации; принятие решения; выполнение физических действий на основе принятых решений; проверка результатов путем приема новой информации. Частные и комплексные эргономические показатели приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1

Эргономические показатели

Комплексные	Частные (единичные)
Гигиенические показатели	<i>Показатели: уровня освещенности</i> вентилируемости уровня температуры уровня влажности уровня давления напряженности магнитного и электрического полей уровня запыленности уровня радиации уровня токсичности уровня шума уровня вибрации гравитационной перегрузки и ускорения
Антропометрические показатели	<i>Показатели:</i> <i>соответствия изделия</i> размерам тела человека соответствия изделия форме тела человека соответствия изделия распределению веса человека
Физиологические и психофизиологические показатели	<i>Показатели:</i> соответствия изделия силовым возможностям человека соответствия изделия энергетическим возможностям человека соответствия изделия скоростным возможностям человека соответствия изделия зрительным психофизиологическим возможностям человека соответствия изделия слуховым возможностям человека соответствия изделия осязательным возможностям человека соответствия изделия обонятельным и вкусовым возможностям человека
Психологические показатели	<i>Показатели:</i> соответствия изделия закрепленным и вновь формируемым навыкам человека соответствия изделия возможностям восприятия и переработки информации

Гигиенические показатели качества характеризуют изделие и элементы конструкций, которые при эксплуатации нагреваются, производят шум, являются источниками радиации и влияют непосредственно (при контакте) и опосредованно (через изменение характеристик среды) на организм человека и его работоспособность в системе человек – изделие – среда. Рассмотрим пример использования гигиенических показателей при оценке качества переносных магнитофонов: показатель уровня температуры характеризует нагревающиеся элементы конструкции; показатель уровня токсичности характеризует конструктивные и отделочные материалы изделия; показатель уровня вибрации характеризует конструкцию электродвигателя магнитофона.

Антропометрические показатели характеризуют изделие и элементы конструкции, которые должны обеспечивать рациональную и удобную рабочую позу оператора путем учета размеров, формы и веса тела человека в статике и динамике.

Рассмотрим пример использования антропометрических показателей для оценки качества переносных магнитофонов: показатель соответствия изделия размерам тела человека и его отдельных органов – характеризует соответствие переключателей, кнопок, ручек, корпуса размерам кисти человека; показатель соответствия конструкции магнитофона – форме тела человека и его отдельных частей, входящих в контакт с поверхностью элементов конструкции, характеризует соответствие формы ручек, кнопок, переключателей хватке руки.

Физиологические и психофизиологические показатели характеризуют изделие и элементы конструкции, эксплуатация которых требует от человека использование энергетических возможностей его мышечного аппарата и особенностей органов чувств. Для переносного магнитофона: показатель соответствия конструкции силовым возможностям человека характеризует вес магнитофона и расчетные усилия включения клавиш, переключателей; показатель соответствия изделия зрительным возможностям человека характеризует яркость и цвет индикаторов уровня записи; показатель соответствия изделия слуховым возможностям человека характеризует звуковые характеристики динамиков магнитофона.

Психологические показатели характеризуют изделие и элементы конструкции, участвующие в информационном обмене в системе человек–изделие–среда, которые влияют на быстроту формирования навыков, на объем и скорость восприятия и переработки человеком информации.

Эстетические показатели

Эстетические показатели рассматривают соответствие художественно-конструкторского решения функциональному назначению и инженерно-технической сущности изделия. Эстетические показатели характеризуют способность изделий удовлетворять духовные потребности человека: художественный вкус, гармоничность, оригинальность, соответствие определенному стилю, моде и т. д. Эстетические показатели можно разделить на следующие подгруппы: информационной выразительности, рациональной формы, целостности композиции, совершенства производственного исполнения.

Показатели транспортабельности

Характеризуют приспособленность продукции к перемещению в пространстве (транспортированию), не сопровождающемуся ее использованием или потреблением. К показателям транспортабельности относятся: средняя продолжительность подготовки продукции к транспортированию; средняя трудоемкость подготовки продукции к транспортированию; средняя продолжительность установки продукции на средство транспортирования определенного вида, допустимая температура, допустимая ударная нагрузка и давление при транспортировке и др.

Показатели безопасности

Характеризуют особенности продукции, обуславливающие при ее использовании безопасность обслуживающего персонала. К показателям безопасности относятся: вероятность безопасной работы, время срабатывания защитных устройств, электрическая прочность изоляции токоведущих частей изделия, с которыми возможно соприкосновение человека; вероятность возникновения аварийной ситуации и т. д.

Комплексный показатель безопасности:

$$КПб = Пв \cdot Пп \cdot Пэ ,$$

где Пв – показатель взрывобезопасности; Пп – показатель пожаробезопасности; Пэ – показатель электробезопасности.

Экологические показатели

Определяют уровень вредных воздействий на окружающую среду эксплуатируемого изделия. К экологическим показателям относятся: содержание вредных примесей, выбрасываемых в атмосферу или в водные бассейны; вероятность выброса заряженных частиц, газов, излучений при хранении, транспортировке или потреблении.

Производственно-технологические показатели качества

К производственно-технологическим показателям качества относятся: *показатели технологичности, показатели унификации, патентно-правовые показатели, коэффициент дефектности, индекс качества продукции, индекс дефектности, процент выхода годных изделий.*

Показатели технологичности – характеризуют степень пригодности изделия к промышленному выпуску в заданном количестве с минимальной себестоимостью. Показатели технологичности включают в себя две группы показателей:

1. Показатели производственной технологичности:
 - *трудоемкость изготовления изделия*
 - *уровень технологичности конструкции по трудоемкости изготовления;*
 - *материалоемкость изделия.*
2. Показатели эксплуатационной технологичности:
 - *контролепригодность;*
 - *взаимозаменяемость;*
 - *удельная стоимость ремонтов;*
 - *обеспеченность запасными частями.*

Таким образом, показатели технологичности могут быть отнесены и к эксплуатационным показателям. На показатели технологичности большое влияние оказывают показатели стандартизации и унификации, которые характеризуют насыщенность троимой аппаратуры стандартными и унифицированными составными частями.

К показателям стандартизации и унификации относятся, например: коэффициент повторяемости K_{Π}

$$\hat{E}_{\Pi} = \frac{100N}{n}, \quad (2.1)$$

где N – общее количество составных частей в изделии; n – общее количество типоразмеров.

Коэффициент применяемости стандартных составных частей $K_{\Pi.P.C}$:

$$\hat{E}_{\Pi.P.C} = \frac{100n_c}{n},$$

где n_c – количество типоразмеров стандартных составных частей в изделии.

Коэффициент применяемости покупных составных частей в изделии $K_{\Pi.P}$:

$$\hat{E}_{\Pi.P} = \frac{100n_n}{n}, \quad (2.2)$$

где n_n – количество типоразмеров покупных составных частей в изделии.

Коэффициент дефектности – это среднее взвешенное количество дефектов, приходящееся на единицу продукции.

Для определения коэффициента дефектности берется из партии изделий выборка объемом n , и в ней подсчитываются дефекты, которые заранее разделены на α – видов. Для каждого вида дефектов установлен коэффициент весомости a_i ($i = 1, 2, \dots, \alpha$).

Коэффициент дефектности D равен:

$$D = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{\alpha} a_i \cdot m_i, \quad a_1 + a_2 + \dots + a_{\alpha} = 1, \quad (2.3)$$

где m_i – число дефектов данного вида в выборке.

Относительный коэффициент дефектности Q_D равен:

$$Q_D = \frac{D}{D_{\delta}}, \quad (2.4)$$

где D_{δ} – базовый коэффициент дефектности.

Индекс качества продукции – это комплексный показатель качества разнородной продукции, равный средневзвешенному значению относительного показателя качества различных видов продукции за рассматриваемый период. Предположим, что за какой-то период времени выпущено « S -видов продукции. Для каждого вида продукции определен комплексный показатель качества K_i ($i = 1, 2, \dots, S$) и базовый показатель качества $K_{i\delta}$.

Индекс качества I равен:

$$I = \sum_{i=1}^S a_i \frac{K_i}{K_{i\delta}}, \quad a_1 + a_2 + \dots + a_S = 1, \quad (2.5)$$

где a_i – коэффициент весомости.

Индекс дефектности продукции – это комплексный показатель качества разнородной продукции, равный средневзвешенному значению относительных коэффициентов дефектности различных видов продукции за рассматриваемый период. Индекс дефектности H равен:

$$H = \sum_{i=1}^S a_i Q_D, \quad (2.6)$$

где Q_D – относительный коэффициент дефектности.

Патентно-правовые показатели

Являются показателями патентной защиты и патентной чистоты. Показатели патентной защиты характеризуют новизну технических решений, принимаемых при разработке.

Показатель патентной защиты изделия определяется выражением

$$П_{ПЗ} = \frac{\sum_{i=1}^S a_i n_i}{n}, \quad (2.7)$$

где a_i – коэффициент весомости i -го технического решения, защищенного авторскими свидетельствами или патентами; n_i – число технических решений, защищенных авторскими свидетельствами и патентами; n – количество узлов в изделии; S – число групп значимости.

Показатель качества изделия, по которому принимают решение оценивать его качество, называется *определяющим*, или *доминирующим*, показателем качества.

При оценке качества изделий необходимо учитывать экономические показатели,

которые отражают экономическую эффективность производства и (или) использования изделий. К экономическим показателям относятся: себестоимость продукции, экономическая эффективность от применения продукции, затраты на единицу продукции, цена изделия и др.

Цена – это своеобразный интегральный экономический показатель качества. Она состоит из двух аддитивных компонент – технологической C_1 , которую разработчик и производитель стремится минимизировать, и назначенной C_2 , которая определяет прибыль от реализации изделия. При этом в условиях свободных цен может иметь место одна из двух ситуаций $C_1 > C_2$ или $C_1 < C_2$. При нормальной экономической ситуации (превышение предложений над спросом, наличие конкуренции) неравенство $C_1 > C_2$ во времени усиливается ($C_1 \gg C_2$) и обычно компонента C_2 составляет несколько процентов от общей суммы $C = C_1 + C_2$. При монопольной экономике и отсутствии конкуренции, как правило, $C_1 < C_2$ и даже $C_1 \ll C_2$.

Большим достоинством денежного показателя (цена) является сопоставимость даже различных по назначению и категориям изделий, а для одинаковых по назначению изделий часто этот показатель для потребителя является доминирующим.

Методы определения численных значений показателей качества можно разделить на две группы:

методы, зависящие от способа получения информации и методы, зависящие от источников информации.

Методы, зависящие от способа получения информации делятся на: экспериментальные, измерительные, регистрационные, расчётные.

Методы, зависящие от источника получения информации делятся на: экспериментальные, органолептические и социологические.

Экспериментальный метод основан на получении информации о показателях результатах проведения эксперимента (например, в период опытной эксплуатации). Естественно, что показатели при этом могут измеряться приборами, регистрироваться, рассчитываться, определяться экспертным или иным образом.

Измерительный метод применяется в тех случаях, когда можно использовать средства измерения. Точность и объективность измеренных показателей во многом зависят от метрологического обеспечения.

Регистрационный метод основан на непосредственной регистрации значений показателей, обнаружении и подсчёте (фиксации и регистрации) различных явлений, событий, объектов, затрат, документов и т.п. Этим способом могут определяться например, численность, поставщиков, сертификатов, патентов, объёмы продаж, отзывов, документов, отказов, в штуках, и т.п.

Расчётный метод определения показателей основан на использовании различного рода данных, теоретических и эмпирических зависимостей, получаемых другими методами (измерительным, регистрационным и др.). Этим способом могут определяться показатели эффективности, надёжности, технологичности, стандартизации и унификации, патентной защиты и чистоты, финансового состояния предприятия и производительности труда и т.п.

Приведённые выше методы следует отнести к объективным.

Традиционный метод определения показателей качества предполагает получение фактических данных с помощью технических источников информации в лабораториях, испытательных станциях, ОТК, а также из документации, опросов, бесед, анкетирования, интервью со специалистами и т.п.

Экспертный метод применяется в тех случаях, когда трудно или практически невозможно использовать более объективный метод (экспериментальный или расчётный). В практике управления данный метод очень распространён (например, при определении коэффициентов весомости показателей, численных значений показателей, которые не могут определяться какими-либо другими объективными методами: эстетические свойства, взаимоотношения, приоритетами и т.д.).

Органолептический метод основан на использовании органов чувств, при определении показателей.

Социологический метод определения показателей базируется на сборе, анализе и обобщении мнений фактических или возможных потребителей. Данный метод используется тогда, когда невозможно другими способами определить какие – либо показатели, например, удобство пользования, потребности и требования потребителей, известности торговой марки, имидж в целом и т.п.

Интегральный показатель качества

Все множество свойств изделия может быть разделено на два непересекающихся подмножества: свойства, определяющие качество объекта, и свойства, образующие его экономичность. Свойства объекта, связанные с затратами на него, оцениваются экономичностью. Потребителя, как правило, не интересует только качество изделия без учета его экономичности или только экономичность без учета его качества. Характеристика, учитывающая качество и экономичность, обозначается термином «интегральное качество». Интегральное качество – наиболее сложное свойство изделия, представляющее собой совокупность свойств качества и экономичности (т. е. результатов и затрат).

Например, в качестве интегрального показателя качества используется величина

$$I = \mathcal{E} / C, \quad (2.8)$$

где \mathcal{E} – суммарный полезный эффект от эксплуатации или потребления продукции, выраженный в денежных единицах; C – суммарные затраты на создание и эксплуатацию или потребление.

Это комплексный показатель качества. С экономическими факторами связано и оптимальное значение показателя качества. Это значение показателя качества, при котором достигается либо наибольший эффект от эксплуатации или потребления продукции при заданных затратах на ее создание и эксплуатацию или потребление, либо заданный эффект при наименьших затратах, либо наибольшее отношение эффекта к затратам.

2.3. Квалиметрия как наука

Квалиметрия – научная дисциплина, изучающая методологию и проблематику комплексного количественного оценивания и прогнозирования качества объектов любой природы. Квалиметрия – это методология качества. Слово «Квалиметрия» происходит от латинского корня «квали» (образующего слово *qualitas* – качество, свойство и *qualis* – какой, какого качества) и древнегреческого слова «метрео» – мерить, измерять. Таким образом, термин «квалиметрия» достаточно точно передает содержание понятия «измерение качества». Отечественный математик Юдин Д. Б. писал: «Качество – это еще не познанное количество».

Становление квалиметрии как самостоятельной науки началось с 1968 г.

Задачи квалиметрии – разработка и развитие всех методов оценки качества как дифференциальных, так и комплексных (интегральных), прогнозирование качества, нахождение закономерностей, взаимосвязей между показателями качества, параметрами назначения.

Дифференциальные методы применяются для оценки частных (единичных) показателей качества. Интегральные методы применяются для оценивания всего качества изделия в целом. Количественное оценивание интегрального качества – это процесс, на выходе которого получается в комплексной количественной форме информация о качестве объекта с учетом не отдельных, а одновременно всех его свойств.

Квалиметрия базируется на следующих основных принципах:

1. В квалиметрии качество рассматривается как некоторая иерархическая совокупность

свойств, причем таких, которые представляют интерес для потребителя. Качество в целом, т. е. наиболее обобщенное комплексное свойство продукции, рассматривается на самом низком, нулевом уровне иерархической совокупности свойств, а составляющие его менее обобщенные свойства – на более высоком, первом уровне иерархии. В свою очередь каждое из этих свойств так же может состоять из некоторого числа еще менее общих свойств, лежащих на еще более высоком втором уровне иерархии и т. д. Так образуется иерархическое «дерево свойств» или «дерево характеристик», число уровней рассмотрения которого может неограниченно возрастать (рис. 2.3). Строя иерархическую структуру свойств, желательно подняться до такого высокого m-уровня рассмотрения, на котором находятся неразлагаемые на какие-либо другие наименее общие, так называемые простые свойства. Простые свойства являются таковыми в данный момент при данном уровне значений. В большинстве случаев простые свойства могут подвергаться различным физическим измерениям. Правила и методы таких измерений разрабатывает метрология.

Таким образом, качество характеризуется иерархическим многоуровневым комплексом характеристик («дерево характеристик») объекта, которые относятся к способности удовлетворить потребности.

Качество как сложное свойство, может рассматриваться как большая система, что позволяет применить методологию системного подхода при проведении исследований. Простые свойства продукции играют роль элементов большой системы. Пример структуры свойств качества конструкции бытовой электронной аппаратуры (иерархическое дерево свойств) приведен на (рис. 2.4).

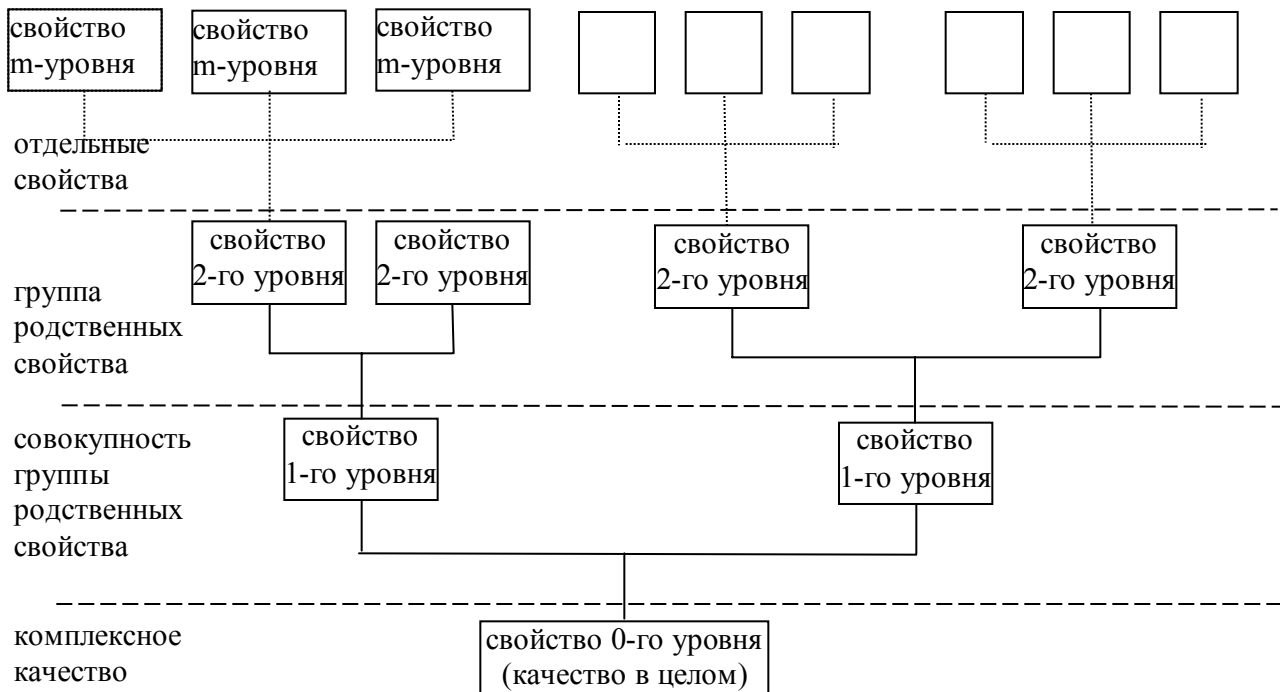


Рис. 2.3. Иерархическое дерево свойств качества, или «дерево характеристик»

2. Отдельные свойства, составляющие иерархическую структуру качества, путем измерений или вычислений могут получать численные характеристики P_{ij} . Назовем их абсолютными показателями качества этих свойств. (j – число свойств, лежащих на i -м уровне; $j = 1, 2, \dots, n$).

Относительный показатель качества представляет собой функцию абсолютного показателя качества P_{ij} и базового $P_{ij}^{баз}$.

$$K_{ij} = f_1(P_{ij}, P_{ij}^{\bar{a}as})$$

или

$$K_{ij} = f_2(P_{ij} / P_{ij}^{\bar{a}as}) \quad (2.9)$$

Таким образом, в квалиметрии могут производиться действия двух видов: нахождение абсолютного показателя P_{ij} и определение относительного показателя качества K_{ij} . В квалиметрии проводится различие между понятиями «измерение» и «оценка». Измерение какого-то свойства – это процесс нахождения численного значения показателя P_{ij} , выражающего собой абсолютное значение этого свойства в соответствующих единицах измерения. Оценка же представляет результат сопоставления абсолютного показателя P_{ij} с соответствующим показателем P_{ij} баз, принятым за эталон. Относительная характеристика продукции, основанная на сопоставлении значений показателей качества оцениваемой продукции с базовыми значениями соответствующих показателей, называется *уровнем качества продукции*. Базовые значения показателей качества – это значения показателей качества базовой модели, отечественного или зарубежного аналога, имеющего наивысшее на данное время качество. Здесь всегда надо иметь в виду, что такие оценки являются субъективными, так как выбор базовой модели, как правило, не является объективным и зависит от квалификации, информированности и даже добропорядочности лица, принимающего решение.

3. Оценка качества определяется в квалиметрии с точки зрения не индивидуальной потребности какого-то человека, а с точки зрения общественной потребности (потребителей),

4. Каждое простое свойство имеет свою, отличающуюся от других свойств размерность. Различные шкалы измерения абсолютных показателей свойств качества P_{ij} , могут быть трансформированы в одну общую шкалу, в частном случае в безразмерную. В квалиметрии используют четыре вида шкал: шкалу порядка, шкалу рангов, шкалу интервалов; шкалу качества (например, десять градаций), а оценку качества производят по принадлежности изделия к одному из классов шкалы с заданной вероятностью (достоверностью); шкалу отношений.

5. В квалиметрии принимается, что каждое свойство из совокупности свойств, составляющих качество, характеризуется не только параметром K_{ij} , но и некоторым параметром a_{ij} , определяющим (на каждом уровне) относительную значимость, важность этого свойства (весомость). a_{ij} – коэффициент весомости. $_{ij}$

6. Сумма весомостей свойств одного уровня есть величина постоянная.

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} = const, \quad (2.10)$$

где n – число свойств на j -уровне, например,

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} = 1$$

или

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} = 10,$$

или

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} = 100.$$

Таким образом, изложенные принципы можно рассматривать как некоторые рекомендации по количественной оценке качества.

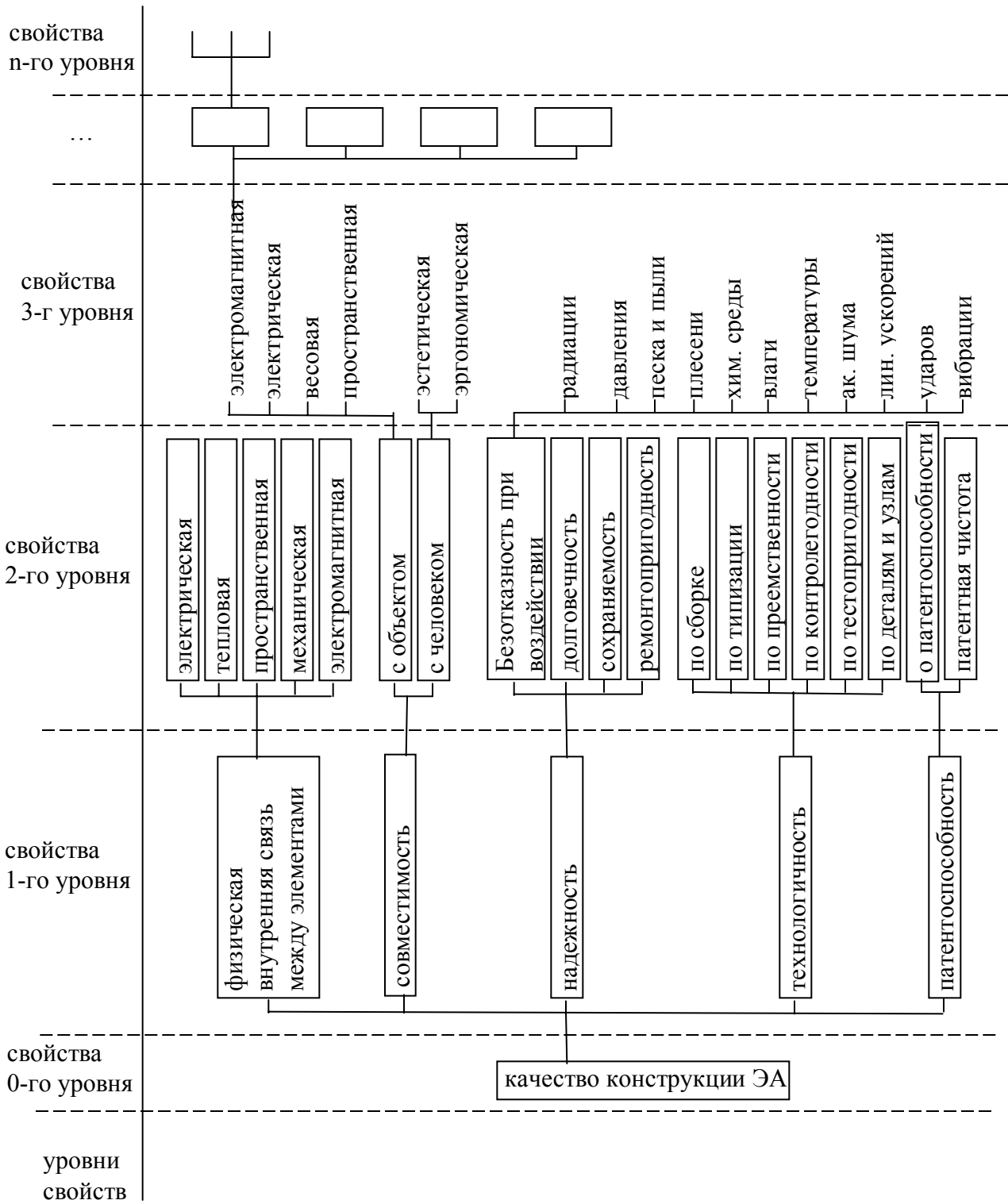


Рис. 2.4 Иерархическое дерево свойство бытовой электронной аппаратуры

2.4. Основные методы квалиметрии

Все методы квалиметрии можно разделить на *субъективные* и *объективные*. Объективные методы можно классифицировать с точки зрения точности, с которой определяются результаты количественного оценивания качества. Объективные методы квалиметрии могут быть отнесены к одной из трех классификационных групп:

точный метод оценивания качества – это такой метод, в рамках которого используются все обоснованные в теории квалиметрии приемы и способы, позволяющие уменьшить погрешность и увеличить надежность полученных результатов;

упрощенный метод – характеризуется максимально допустимой величиной погрешности и минимально допустимой величиной надежности (достоверности) итоговых результатов;

приближенный метод является с точки зрения погрешности и трудоемкости промежуточным между точным и упрощенным.

В подавляющем большинстве случаев используются упрощенные методы квалиметрии.

Методы квалиметрии можно классифицировать по источнику информации о значениях некоторых важных числовых характеристик, определяемых в процессе оценивания качества. Используются три группы методов: экспертные, аналитические, смешанные.

Экспертные методы (субъективные методы) – это такие методы, которые используют мнения экспертов. В экспертных методах используется статистическая обработка данных.

Аналитические методы – это неэкспертные (объективные) методы, расчетные методы.

Смешанные методы – это такие методы, в которых значения некоторой (но не большей) части числовых характеристик объекта определяются экспертными методами, а остальные из них – не экспертными методами. Такая оценка содержит как объективные, так и субъективные моменты. Преимущество экспертных методов заключается в относительной технологической простоте применения, малых затратах времени на разработку методики оценки качества (МОК).

К недостаткам экспертных методов следует отнести большую трудоемкость, связанную с необходимостью привлечения в качестве экспертов многих квалифицированных специалистов, относительно большую погрешность и малую надежность итоговых результатов.

К преимуществам аналитических методов можно отнести малую трудоемкость, относительно малую погрешность и большую надежность полученных результатов, а к недостаткам – относительную технологическую сложность и большие затраты времени на разработку методики оценки качества.

В зависимости от иерархии оцениваемых свойств методы, используемые в квалиметрии, можно разделить на дифференциальные, комбинированные и интегральные. Дифференциальные методы используются для оценивания отдельных характеристик, лежащих на последнем уровне «дерева свойств». Комбинированные методы используются для оценивания отдельных групп характеристик. Например, функциональные характеристики. Интегральные методы используются для оценивания всего качества объекта в целом – первый уровень «дерева свойств». Интегральное оценивание качества может быть представлено как процесс, включающий три стадии:

1. Анализ условий использования и требований потребителя, определение характеристик качества и построение их структуры.

2. Оценка отдельных характеристик.

3. Оценка комплексных характеристик и качества в целом.

Общая теория квалиметрии еще отсутствует. Есть теория квалиметрии применительно к отдельным группам изделий (например, электроизмерительные приборы).

2.5. Комплексная оценка качества продукции

Комплексную оценку качества продукции можно рассматривать как процесс, состоящий из двух этапов: первый этап – оценка простых свойств, второй этап – оценка сложных свойств объекта и его качества в целом. Рассмотрим алгоритм комплексной оценки качества (рис. 2.5).

Классификация комплексных (обобщенных) показателей качества приведена на рис. 2.6.

2.6. Математические модели комплексного показателя качества

Комплексный показатель качества (КПК) в общем случае является функционалом от единичных показателей качества. Если показатели качества имеют количественную меру качества, то комплексный показатель качества есть некоторый функционал от частных мер качества P_i и их весовости a_i , характеризующих силу влияния частных показателей качества на комплексный показатель K :

$$K = \Phi (P_1, P_2, \dots, P_n, a_1, a_2, \dots, a_n).$$

Сформулируем ряд общих требований, которым должен удовлетворять КПК (аксиомы квалиметрии):

1. *Репрезентативность* (представительность) комплексного показателя качества. Согласно этому требованию комплексный показатель качества должен включать основные характеристики изделия, по которым оценивается его качество.

2. *Монотонность*. Комплексный показатель качества является обязательно строго монотонной функцией оценок единичных показателей. Улучшение любого из единичных показателей качества при фиксированных остальных показателях должно вызывать улучшение комплексного показателя.

3. *Критичность* (чувствительность) комплексного показателя к варьируемым параметрам. Чувствительность комплексного показателя качества определяется первой производной (функцией чувствительности) и является функцией оценок частных производных.

$$\frac{\partial \Phi(P_1, P_2, \dots, P_n, a_1, a_2, \dots, a_n)}{\partial P_i} = T_i(P_1, P_2, \dots, P_n). \quad (2.11)$$

4. *Нормированность*. Численное значение комплексного показателя качества заключено между максимальным и минимальным значениями единичных показателей качества.

$$\min_{\{i\}} P_i \leq K(P_1, P_2, \dots, P_n) \leq \max_{\{i\}} P_i.$$

5. *Сравнимость результатов комплексной оценки качества*. Результаты комплексной оценки не должны зависеть от выбора нормирующих показателей.

Всем этим аксиомам удовлетворяет математическая модель вида

$$K(P_1, P_2, \dots, P_n) = (a_1 P_1^\beta + a_2 P_2^\beta + \dots + a_n P_n^\beta)^{\frac{1}{\beta}}, \quad (2.12)$$

где $a_1 + a_2 + \dots + a_n = 1$ (условие комплементарности).

Функция (2.12) называется взвешенным степенным средним порядка β чисел P_1, P_2, \dots, P_n с весами a_1, a_2, \dots, a_n . Будем называть выражение (2.12) функцией осреднения.

Частные реализации функции вида (2.12) при $\beta=1$, $\beta=2$, $\beta=-1$ называют:

средним взвешенным арифметическим показателем:

$$K(\beta) = K(1) = a_1 P_1 + a_2 P_2 + \dots + a_n P_n ; \quad (2.13)$$

средне взвешенным квадратическим показателем:

$$K(\beta) = K(2) = \sqrt{a_1 P_1^2 + a_2 P_2^2 + \dots + a_n P_n^2} ; \quad (2.14)$$

средне взвешенным гармоническим показателем:

$$K(\beta) = K(-1) = \frac{1}{a_1 P_1^{-1} + a_2 P_2^{-1} + \dots + a_n P_n^{-1}} . \quad (2.15)$$

Может использоваться средневзвешенная квадратическая зависимость вида

$$K = \sum_{i=1}^n a_i P_i^2 \quad (2.16)$$

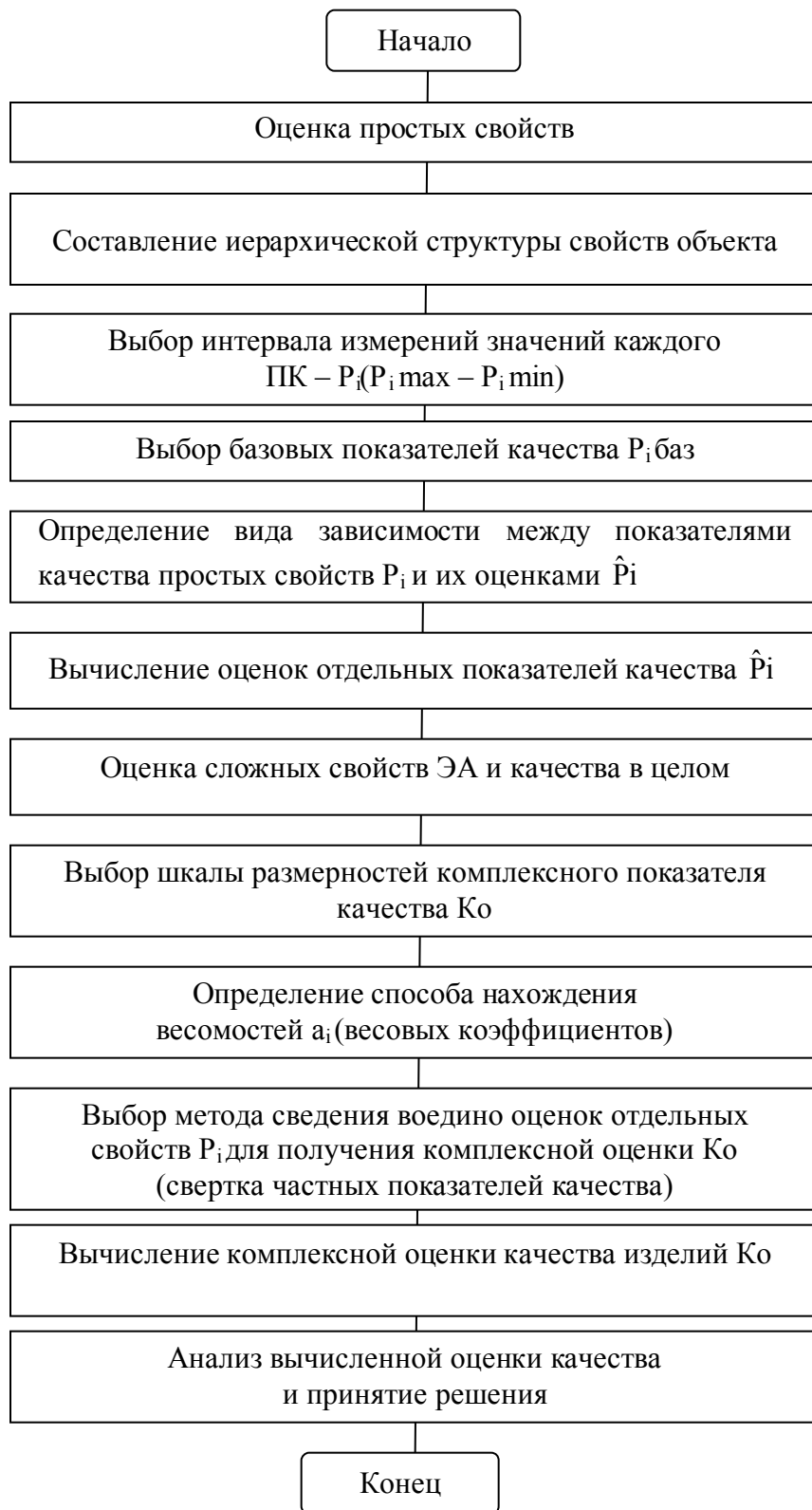


Рис. 2.5. Алгоритм комплексной оценки качества

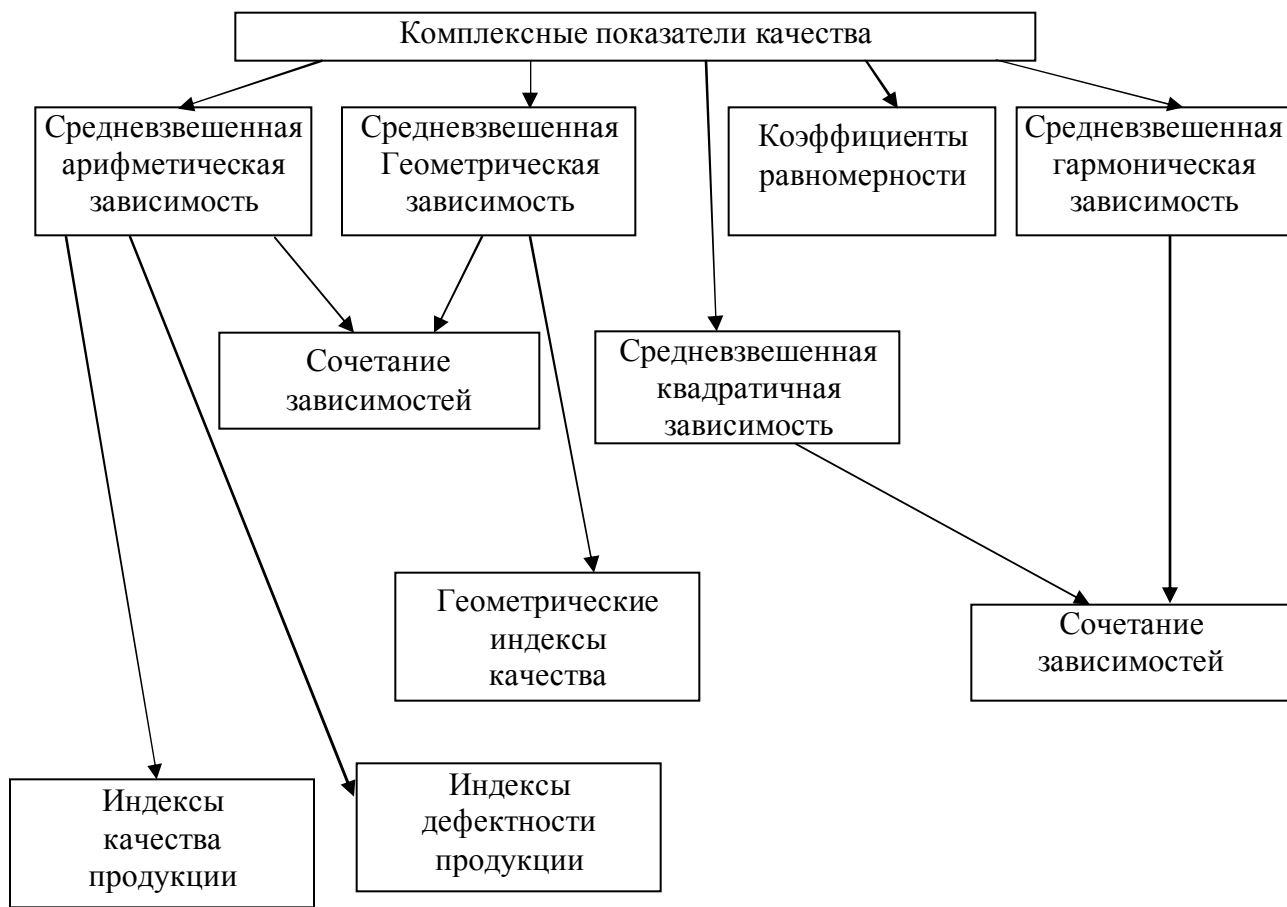


Рис. 2.6. Классификация комплексных (обобщенных) показателей качества

Вместо среднеквадратической зависимости (2.16) может использоваться зависимость вида

$$K = \sqrt{\sum_{i=1}^n a_i (1 - P_i^2)}. \quad (2.17)$$

В выражении (2.17) повышение качества соответствует уменьшению комплексного показателя качества K , поэтому иногда может использоваться выражение

$$K = 1 - \sqrt{\sum_{i=1}^n a_i (1 - P_i^2)}. \quad (2.18)$$

Для комплексной оценки качества используется также средневзвешенная геометрическая зависимость

$$K = P_1^{a_1} \cdot P_2^{a_2} \cdot \dots \cdot P_n^{a_n} = \prod_{i=1}^n P_i^{a_i}, \quad (2.19)$$

а также сочетание зависимостей. Например, сочетание средневзвешенной арифметической зависимости и средневзвешенной квадратической зависимости.

$$K = \sum_{i=1}^e a_i P_i + \sum_{j=e+1}^e a_j P_j^2, e < n \quad (2.20)$$

Для оценки комплексного показателя качества может использоваться коэффициент равномерности.

$$K_P = \frac{\prod_{i=1}^n P_i^{a_i}}{\sum_{i=1}^n a_i P_i}. \quad (2.21)$$

Коэффициент равномерности позволяет проследить, насколько равномерно изменяются все исходные показатели качества изделий по отношению к выбранной совокупности базовых показателей.

2.7. Функция «вето»

В подавляющем большинстве методик комплексный показатель качества K подсчитывается как некоторая средняя величина из показателей отдельных свойств качества. Наибольшее распространение для оценки комплексного показателя качества получила линейная математическая модель (2.13).

В этих условиях возможен случай, при котором один из частных показателей качества P_i какого-то важного i -го свойства выйдет за пределы допустимого интервала $[P_{i \min}, P_{i \max}]$ и, несмотря на это, комплексный показатель качества останется достаточно высоким. Поэтому вопрос о том, как избежать неправильного отражения в комплексном показателе качества K частных показателей простых свойств, представляет одну из проблем квалиметрии. Необходимо обеспечить, чтобы комплексный показатель качества падал до нуля в тех случаях, когда показатель какого-то главного свойства качества выходит за допустимый интервал изменений $[P_{i \min}, P_{i \max}]$.

Решением данной проблемы является введение в структуру формулы комплексного показателя качества весовой функции $\varphi(P_i)$.

$$K' = \varphi(P_i) \cdot K. \quad (2.22)$$

Эта функция при определенных условиях обращается в нуль, тем самым обращая в нуль и комплексный показатель качества K .

Функцию $\varphi(P_i)$ называют функцией «вето» или коэффициент «вето». В качестве функции «вето» может использоваться функция

$$\varphi(P_i) = e^{-t}, \quad (2.23)$$

где t – величина, определяемая по формуле

$$t = \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_i}{P_{i \max} \cdot c} \right)^{2d} + \sum_{j=1}^n \left(\frac{P_{i \min}}{P_i \cdot b} \right)^{2d},$$

где c и b – положительные числа немногим больше единицы, (например, $c = 1,0001$);

d – достаточно большое положительное число, (например, $d = 20000$).

Как только значение P_i , хотя бы одного из свойств качества, выйдет за пределы допустимого интервала $[P_{i \min}, P_{i \max}]$, то появляется неравенство вида

$$\frac{P_i}{P_{i \max}} > 1,$$

или

$$\frac{P_{i \min}}{P_i} > 1,$$

и функция $\varphi(P_i)$ падает почти до нуля, приближая в соответствие с выражением (2.22) и обобщенный показатель качества K' к нулю. Однако среди важных свойств качества есть относительно маловажные свойства, даже полное отсутствие которых не должно приводить к падению до нуля комплексного показателя качества K' . Этим обстоятельством учитывается таким образом, что для подобного рода свойств нижний предел их значений (т. е. величина $P_{i \min}$) принимается равным нулю, в связи с чем неравенство вида

$$\frac{P_{i \min}}{P_i} > 1$$

никогда не будет иметь места для этих свойств. Если для всех i соблюдается условие

$$\frac{P_i}{P_{i \max}} \leq 1 \text{ и } \frac{P_{i \min}}{P_i} \leq 1,$$

то коэффициент вето равен единице, а комплексный показатель качества $K' = K$. В другом варианте функция вето определяется выражением

$$\varphi(P_i) = \begin{cases} 1 & \text{при } P_i - P_{i \min} > 0, P_{i \max} - P_i > 0 \\ 0 & \text{при } P_i - P_{i \min} < 0, P_{i \max} - P_i < 0 \end{cases}$$

для всех $i=1,2,\dots,n$, где $\varphi(P_i)$ есть функция единичного показателя качества

2.8. Экспертное оценивание качества продукции

Для оценивания качества разрабатывается методика оценивания качества (МОК).

Ключевая фигура в процессе оценивания качества – лицо, разрабатывающее методику оценивания качества (ЛРМ).

Для разработки МОК необходимо создать организационную группу, техническую группу, экспертную группу.

Организационная группа ОГ создается для методического руководства разработкой МОК, возглавляет ее лицо, разрабатывающее методику оценивания качества. В состав организационной группы входят 1–2 специалиста по оцениваемому объекту. Если же дополнительная помощь специалистов не нужна, то функции организационной группы выполняет лицо, разрабатывающее методику.

Техническая (рабочая) группа ТГ создается для технического обеспечения создания МОК, т. е. для выполнения вычислительных, чертежных и других работ. В состав технической группы обычно входят 1–2 человека.

Численность экспертной группы ЭГ зависит от сложности объекта. Для упрощенного метода оценивания качества численность экспертной группы составляет 7–10 человек. Если объект сложный, а времени на разработку мало, бывает необходимо сформировать не одну, а две и даже три группы. Каждая группа специализируется на отдельных группах свойств объекта и работает параллельно под руководством одного из членов организационной группы.

Если же МОК разрабатывается не упрощенным, а приближенным или точным методами, то применяется более сложный способ определения числа экспертной группы. Он основан на двух положениях;

1. Чем больше экспертов, тем при прочих равных условиях выше достоверность коллективной экспертной оценки g^3 , т. е. меньше относительная погрешность и выше доверительная вероятность, с которой вычисляется g^3 .

Относительная погрешность оценки:

$$\varepsilon = \Delta g / g^{\text{ист}},$$

где $g^{\text{ист}}$ – истинное (объективное, заданное) значение характеристики, которая определяется экспертным методом; Δg – абсолютная погрешность, $\Delta g = |g^{\text{ист}} - g^3|$.

2. Чем больше априорной (предварительной) информации известно организационной группе относительно экспертной группы и выносимых ею решениях, тем при прочих равных условиях может быть меньшее число экспертов.

Выбор экспертов при упрощенной методике оценки производится из специалистов, хорошо знающих оцениваемый объект. Эксперт должен обладать свойствами, приведенными на рис. (2.17).

Количество экспертов в группе увеличивается до 7–10 человек, если применяется приближенный или точный метод оценивания качества.

Алгоритм разработки МОК приведен на рис. 2.8.

С точки зрения методики проведения опроса наиболее совершенным считается метод «Делфи», разработанный в США. Характерными чертами этого метода являются следующие черты:

- ответы на поставленные перед экспертом вопросы содержат количественную характеристику;
- проводится не менее трех туров опроса;
- после каждого тура все опрашиваемые эксперты знакомятся с ответами других участников опроса;
- от экспертов получают обоснование их мнения, и это обоснование доводится до сведения других участников;
- статистическая обработка полученных ответов проводится после каждого тура.

В общем случае метод «Делфи» направлен на рациональную организацию и создание таких условий для работы экспертов, которые обеспечивали бы согласованную оценку экспертной группы путём независимого опроса каждого из экспертов в несколько туров с последующим сообщением им результатов предыдущего тура.

Наиболее распространёнными экспертными методами в настоящее время являются:

- метод рангов (ранжирования);
- метод непосредственного оценивания;
- метод сопоставлений.

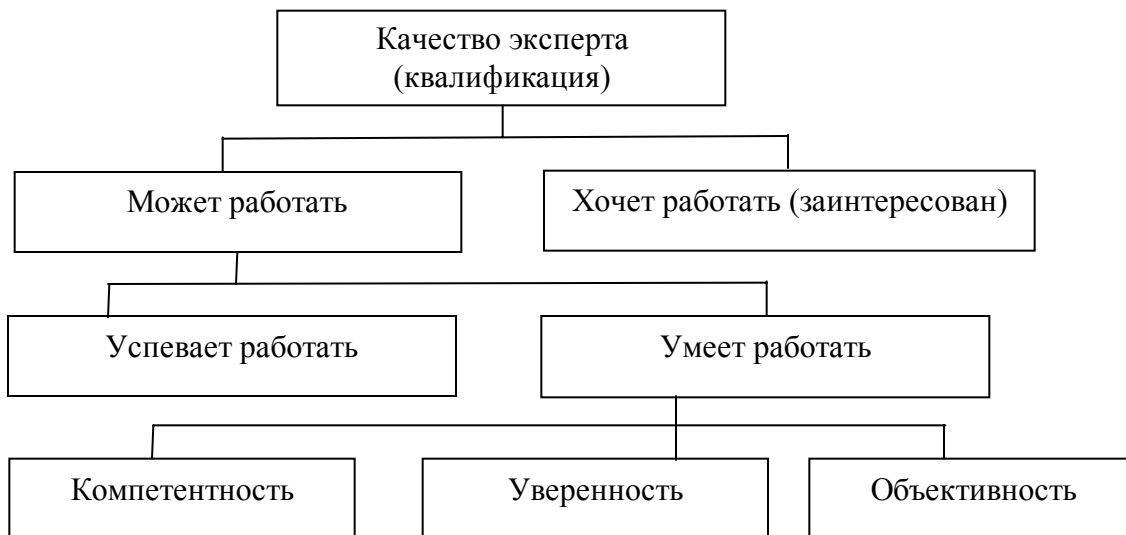


Рис. 2.7. Свойства, характеризующие эксперта



Рис. 2.8. Алгоритм разработки МОК

2.9. Математические критерии оценки достоверности экспертных выводов

При оценки свойств двумя экспертами, им приписывается знак «+1», если ранг свойств в ранжировке двух экспертов совпадает, и в противном случае «-1». Ранг – оценка значимости свойства среди других. Если общую сумму таких оценок обозначить через S, то

$$r_k = \frac{2S}{n(n-1)}, \quad (2.24)$$

где n – число оцениваемых свойств. Величина r_k называется *коэффициентом корреляции рангов Кендалла*. Если все ранги у двух экспертов совпадают, то $r_k = 1$, если они противоположны, то $r_k = -1$. Если учитывать только отрицательные оценки, а их сумму обозначить через «Q», то

$$r_k = 1 - \frac{2Q}{\frac{1}{2}n(n-1)} \quad (2.25)$$

Для оценки мнений двух экспертов применяется оценка R – *коэффициент корреляции рангов Спирмена*, рассчитываемая по формуле

$$R = 1 - \frac{6d^2}{n^3 - n}, \quad (2.26)$$

где d – разность рангов.

Используя формулу (2.26), можно выявить наличие или отсутствие корреляции.

Статистика

$$T = R \sqrt{\frac{n-1}{1-R^2}}, \quad (\text{при } n \geq 0) \quad (2.27)$$

приближенно подчиняется t-распределению с числом степеней свободы (n-2).

Если коэффициент корреляции рангов Спирмена R равен +1, то мнения двух экспертов полностью совпадают, если -1, то они взаимно обратные.

Если значение $T \geq t_{\text{таб}}$ для выбранного уровня значимости, то степень близости ранжировок двух экспертов высока.

Для оценки совпадения мнений m экспертов используют *коэффициент конкордации*.

Для этого составляют матрицу рангов (таблица 2.2).

Матрица рангов

Номер эксперта	ФАКТОРЫ			
	X ₁	X ₂	...	X _n
1	a ₁₁	a ₁₂	...	a _{1n}
2	a ₂₁	a ₂₂	...	a _{2n}
3	a ₃₁	a ₃₂	...	a _{3n}
...
m	a _{m1}	a _{m2}	...	a _{mn}

где m – число экспертов; n – число факторов; a_{ij} – ранг j -го фактора у i -го специалиста.

Если эксперт отдает одинаковое предпочтение нескольким факторам по степени их значимости, то в матрице рангов появляются одинаковые оценки «связанные ранги», которые могут принимать и дробные значения. Предположим, что эксперту надо присвоить факторам x_1, x_2, x_3, x_4 ранги 3, 4, 5, 6, однако специалист оценивает значимость этих факторов одинаково, и, следовательно, присваивает факторам ранг, равный $(3+4+5+6)/4 = 4.5$, имеющий дробное значение.

Для оценки согласованности мнений специалистов необходимо на основе данных матрицы рангов рассчитать следующие величины:

сумму рангов для каждого фактора

$$A_j = \sum_{i=1}^m a_{ij}, \quad (2.28)$$

среднюю сумму рангов по всей матрице

$$B = \frac{1}{2} m(n+1), \quad (2.29)$$

и сумму квадратов отклонений от среднего

$$S = \sum_{j=1}^n \left(\sum_{i=1}^m a_{ij} - B \right)^2 = \sum_{j=1}^n (A_j - B)^2. \quad (2.30)$$

Согласованность мнений специалистов оценивается с помощью коэффициента конкордации

$$V = \frac{12S}{m^2(n^3 - n) - m \sum_{i=1}^l T_i}, \quad (2.31)$$

где T_i – показатель, учитывающий связанные ранги в строках матрицы; l – число строчек, содержащих связанные ранги

$$T_i = \frac{1}{12} \sum_{j=1}^k (t_j^3 - t_j), \quad (2.32)$$

где t_j – количество одинаковых рангов в j -й строке; k – число типов связанных рангов в строке.

В случае отсутствия в строках матрицы «связанных рангов» коэффициент конкордации рассчитывается по упрощенной формуле

$$V = \frac{12S}{m^2(n^3 - n)}.$$

Полная согласованность мнений специалистов наблюдается при $V=1$, полное отсутствие согласованности – при $V = 0$.

Проверку гипотезы о согласованности мнений специалистов осуществляют с помощью критерия χ^2 (хи-квадрат).

Установлено, что при $n > 7$ величина $m(n-1)V$ приближенно описывается χ^2 – распределением с числом степеней свободы

$$f = n - 1.$$

Если при выбранном уровне значимости (для инженерных расчетов обычно принимаем уровень значимости $\alpha=0,05$)

$$m(n-1)V = \chi_p^2 > \chi_T^2,$$

то гипотеза о согласованности мнений специалистов принимается.

Табличные значения критерия χ^2 приведены в Приложении 1.

При наличии согласованных мнений специалистов результаты ранжирования представляются в виде гистограмм. По оси ординат откладывают суммы рангов по каждому фактору в обратном порядке, а по оси абсцисс – соответствующие факторы. В зависимости от вида гистограммы принимаются соответствующие решения о значимости исследуемых факторов.

При анализе гистограмм могут возникнуть следующие ситуации.

Распределение нелинейное, убывание факторов быстрое (рис. 2.9 а). Факторы, имеющие большие суммы рангов, малозначимы и не учитываются при комплексной оценке качества. Факторы x_5, x_6, x_1, x_2 – наиболее значимы при оценке комплексного показателя качества.

Распределение линейное, убывание факторов медленное (рис. 2.9 б). В данном случае все факторы, составляющие качество, имеют важное значение.

Распределение экспоненциальное, убывание факторов быстрое. В данном случае нельзя принять однозначного решения о важности факторов и степени их влияния на комплексный показатель качества. Для оценки их значимости необходимы дополнительные исследования (рис. 2.9 в), например, использование метода случайного баланса.

2.10. Оценка технического уровня продукции

Технический уровень электронного средства – это относительная характеристика качества электронного средства, основанная на сопоставлении значений показателей, характеризующих техническое совершенство оцениваемого электронного средства, с базовыми значениями соответствующих показателей. Техническое совершенство

определяется по специальным картам технического уровня.

Для оценки технического уровня можно использовать объем возможностей и показатель конструктивной эффективности.

Использование данных показателей позволяет отказаться от субъективных экспертных оценок и устраняет произвол в выборе аналогов. Учет динамики изменения конструктивной эффективности вновь разрабатываемых изделий является важным моментом, который должен учитываться при оценке качества.

$$V_G = \frac{1}{G} \times \frac{dG}{dt},$$

где V_G – скорость относительного изменения конструктивной эффективности изделий одного назначения; t – время (например, текущий календарный год).

Объем возможностей – это комплексный показатель, учитывающий основные показатели назначения и сложность достижения этих показателей.

Объем возможностей может быть выражен в рангах.

Величина конструктивной эффективности G может быть представлена в виде отношений

$$G = \frac{V}{m}, \quad (2.33)$$

где m – масса изделия в кг; V – объем возможностей, выраженный в рангах.

Величина потребительской эффективности G_C учитывает затраты на производство изделия в виде отпускной цены C .

Потребительская эффективность G_C равна

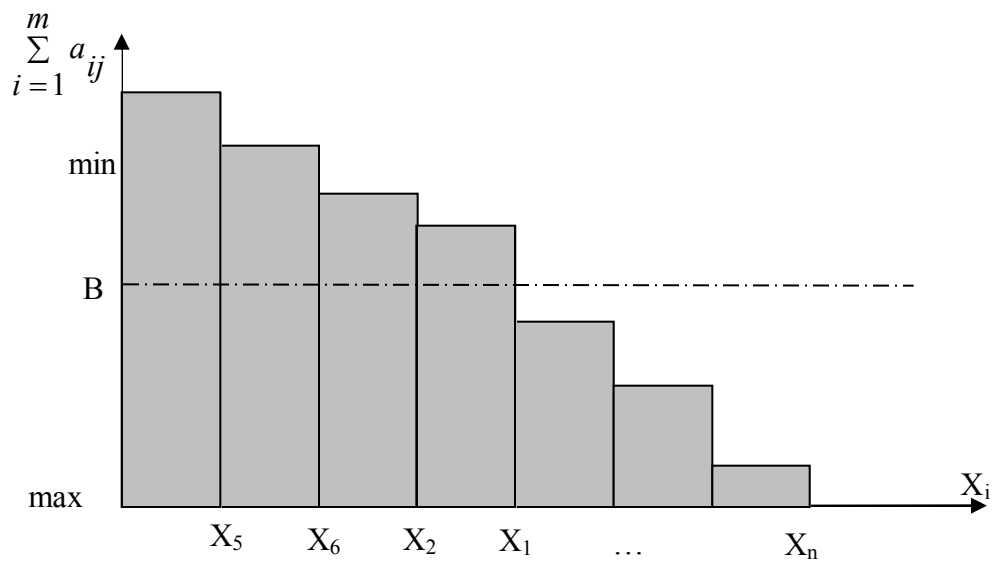
$$G_C = \frac{V}{c}. \quad (2.34)$$

Конструктивная эффективность любого изделия, имеющая в данном году очень высокое значение, по истечении ряда лет станет ниже средней конструктивной эффективности новых разработок, изделие морально стареет, и его нужно будет снимать с производства. Сопоставление значений конструктивной эффективности позволяет установить понятие *морально устаревшей конструкции*. Так, например, для средств электрических измерений морально устаревшей считается конструкция, у которой коэффициент конструктивной эффективности $G(T)$ равен

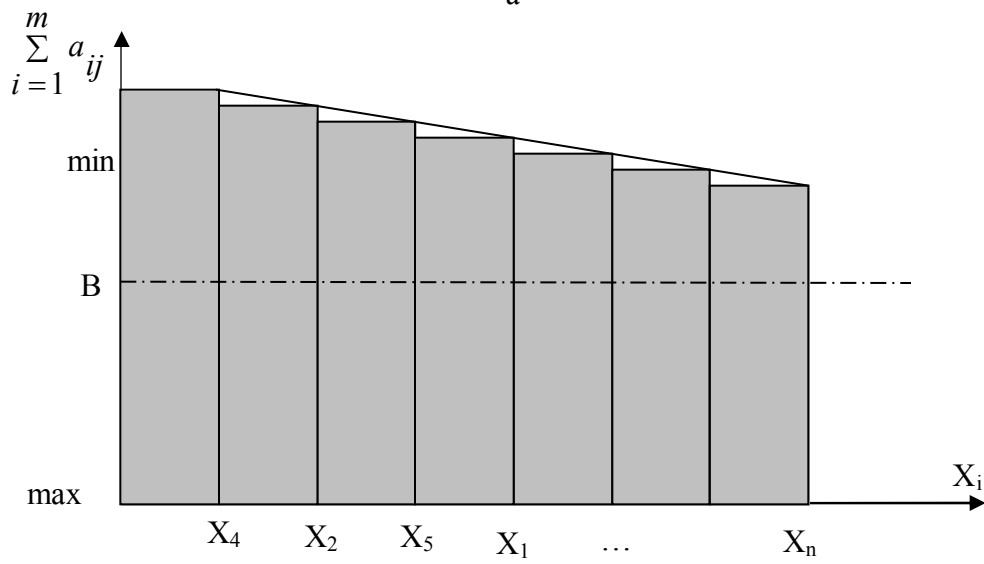
$$G_2(T) = K_2 G_0 \exp[V(T - T_0)], \quad (2.35)$$

где K_2 – коэффициент, равный отношению конструктивной эффективности разработок, снимаемых с производства, к средней конструктивной эффективности новых разработок; G_0 – первоначальное значение коэффициента конструктивной эффективности (в момент разработки); T_0 – год, относительно которого рассматривается конструктивная эффективность; T – текущий год.

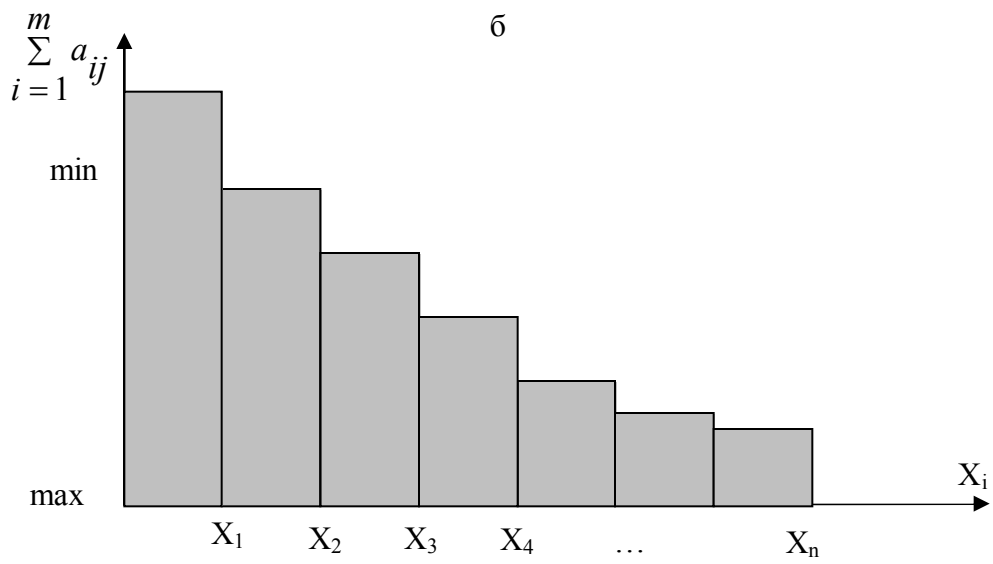
$$K_2 = \exp(-2,4\sqrt{V}). \quad (2.36)$$



а



б



в

Рис. 2.9. Типы ранжированных гистограмм

$$T_{MC} = 2,4\sqrt{V}. \quad (2.37)$$

Для изделий среднего уровня качества коэффициент конструктивной эффективности

$$G_1(T) = K_1 G_0 \exp[V(T - T_0)], \quad (2.38)$$

где

$$K_1 = \exp(-0,6\sqrt{V}). \quad (2.39)$$

Процедура оценки технического уровня средств электрических измерений с использованием показателей объема возможностей и конструктивной эффективности состоит в следующем:

1. Для рассматриваемого изделия находят объем возможностей V и показатель конструктивной эффективности G .

2. По формулам (2.35) и (2.38) вычисляют граничные значения G_1 и G_2 для данного года.

3. Сравнивают значение G с G_1 и G_2 . При этом возможны следующие варианты:

$G \leq G_2$ – технический уровень рассматриваемого изделия ниже среднего уровня. Это дает основание для снятия изделия с производства и замены его более современным;

$G_2 < G < G_1$ – технический уровень изделия соответствует среднему уровню качества;

$G > G_1$ – технический уровень изделия выше среднего.

Реализация рассматриваемой процедуры оценки технического уровня может быть осуществлена с помощью ЭВМ.

Для оценки технического уровня изделий применяют также функцию полезности и плату за полезность. Под полезностью изделия понимают некоторую количественную характеристику степени выполнения им своего функционального назначения.

При этом все многообразие частных (единичных) параметров изделия сводится к трем комплексным показателям – перспективности K_{Π} , универсальности K_y и совместимости K_C . Эти показатели позволяют определить технический уровень изделия из выражения

$$\Pi = \omega(K_{\Pi}, K_y, K_C) \frac{1}{L_{\Pi} + L_y + L_C} \times (L_{\Pi} K_{\Pi} + L_y K_y + L_C K_C), \quad (2.40)$$

где Π – функция по полезности; $\omega(K_{\Pi}, K_y, K_C)$ – функция вето;

L_{Π} , L_y , L_C – коэффициенты весомости комплексных показателей перспективности, универсальности, совместимости.

Функция вето имеет одно из двух значений:

$$\omega(K_{\Pi}, K_y, K_C) = 1, \text{ если } K_{\Pi} > K_{\Pi\text{ПР}}, K_y > K_{y\text{ПР}}, K_C > K_{C\text{ПР}},$$

$$\omega(K_{\Pi}, K_y, K_C) = 0, \text{ если } K_{\Pi} > K_{\Pi\text{ПР}}, K_y > K_{y\text{ПР}}, K_C > K_{C\text{ПР}},$$

где $K_{\Pi\text{ПР}}$, $K_{y\text{ПР}}$, $K_{C\text{ПР}}$ – предельные значения комплексных показателей, определяемые нормативными документами.

Функция полезности Π может быть представлена в виде управления регрессии

$$\Pi = L_{\Pi} K_{\Pi} + L_y K_y + L_C K_C. \quad (2.41)$$

Функция плата за полезность может оцениваться трудоемкостью изготовления, массой, энергопотреблением и другими показателями.

Значение технического уровня изделия определяют по формуле

$$И = P_6(\Pi_n) / P_n,$$

где P_n – плата за полезность изделия; $P_6(\Pi_n)$ – плата за полезность базового изделия.

Для сравнения изделий с лучшими зарубежными и отечественными аналогами можно использовать диаграмму сравнения изделий. Пример диаграммы сравнения приведен на рис. 2.10.

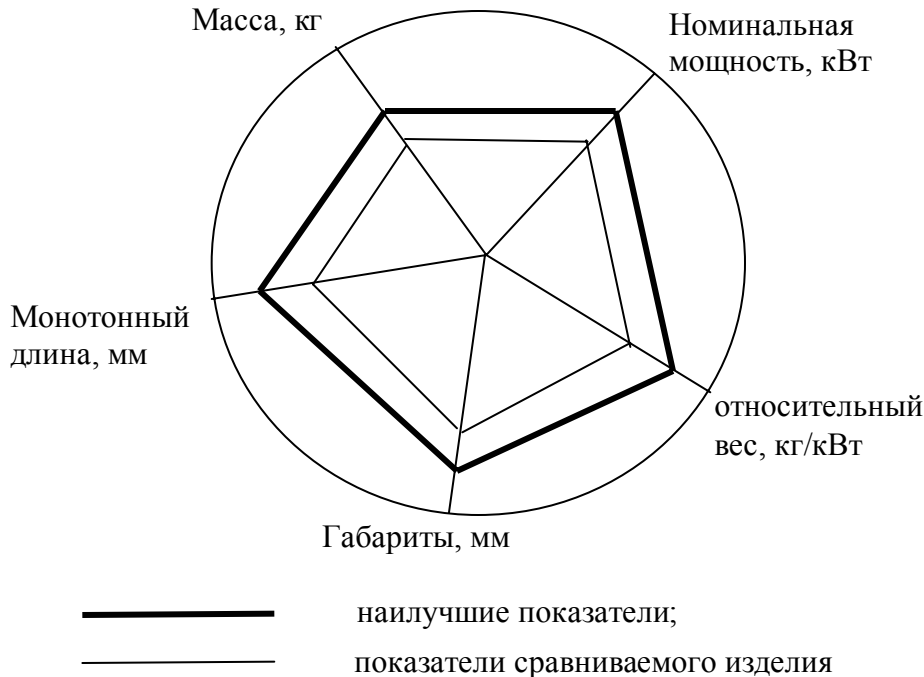


Рис. 2.10. Диаграмма сравнения изделий

Выбранные показатели (относительные значения) наносятся на радиальные шкалы, причем лучшие показатели расположены по периферии диаграммы.

При соединении показателей исследуемого изделия образуется площадь, чем больше площадь, тем выше качество изделия.

2.11. Области применения квалиметрии

Одним из наиболее важных механизмов обеспечения качества любого изделия является количественная оценка качества, без которой практически невозможно решить следующие важнейшие задачи: управление качеством без продукции; повышение качества продукции; оптимизация качества продукции; обеспечение конкурентоспособности отечественной продукции; обеспечение темпов технического прогресса и др.

Под измерением качества продукции понимается однозначное количественное выражение качества в единицах измерения. В результатах такого измерения определяется

количественная величина качества, выраженная показателями качества. Оценка качества продукции заключается в определении относительного уровня качества – технического уровня продукции. Технический уровень продукции – это относительная характеристика качества продукции, основанная на сравнении совокупности показателей качества с соответствующей совокупностью базовых показателей.

Общая проблема измерения и оценки качества продукции, распадается на две части. Первая касается измерения показателей отдельных свойств, составляющих качество, и является объектом метрологии, вторая касается измерения показателей совокупности (комплекса) свойств, т.е. измерения качества, и является объектом квалиметрии.

Под количественной оценкой качества в квалиметрии понимают совокупность следующих операций:

- формирование цели исследования, т.е. определение объема тех вопросов, на которые нужно получить ответ в результате проводимой оценки качества;
- выбор с целью исследования необходимых показателей качества (единичных, комплексных);
- проведение необходимых измерений параметров, определение исходных данных для расчета показателей качества;
- вычисление выбранных показателей качества по соответствующим методам;
- анализ полученных результатов и сопоставление их с целью исследования;
- измерение (если это требуется) содержание некоторых из указанных выше операций для получения более обстоятельных ответов на вопросы, поставленные перед оценкой (например, уточнение цели исследования, расширение номенклатуры выбранных показателей качества, уточнение методов расчета этих показателей, определение дополнительных исходных данных);
- обоснование рекомендаций и передача их в соответствующие органы для принятия управленческих решений, например, разработка новых стандартов, прекращение действия устаревших стандартов или нормативов, выбор наилучших параметров технических требований к проектируемым изделиям, установление новых цен, стимулирование производителей продукции, стимулирование разработчиков продукции.

Основные области применения квалиметрии: обоснование номенклатуры показателей качества, разработка методов определения показателей качества продукции и их оптимизации, оптимизация типа размеров и параметрических рядов изделий, разработка принципов построения комплексных показателей качества и обоснование условий их использования в задачах стандартизации и управления качеством, определение технического уровня продукции.

3. Концепция всеобщего управления качеством и методология построения систем управления качеством

3.1. Принципы управления качеством продукции

Эффективное управление качеством продукции основано на использовании системных методов управления, предусматривающих применение научно обоснованных норм и показателей качества и фиксацию этих норм в государственных, отраслевых стандартах и технических условиях.

Нормативы качества, устанавливаемые в стандартах, являются предельными, показатели ниже которых определяют уже недоброкачественную продукцию.

Системное управление качеством является основным способом создания конкурентоспособной продукции. Укажем основные положения современных методов обеспечения качества.

1. Управление представляет собой целенаправленное воздействие на поведение людей или трудовые коллективы в целях достижения конкретных, заранее определенных результатов. Качество продукции является специфическим объектом управления и обладает существенными особенностями. Применительно к качеству систему управления можно определить как совокупность органов, средств и методов, с помощью которых осуществляется воздействие на формирование и изменение потребительских свойств продукции.

2. Основным и начальным условием обеспечения качества является максимально точное определение всех потребительских свойств.

3. Политика в области управления качеством должна начинаться с определения цели в сфере обеспечения качества продукции на данном предприятии, которая должна касаться деятельности каждого работника.

4. Цели в области качества относятся к таким ключевым элементам состава качества, как соответствие изделий назначению, эксплуатационные характеристики, безопасность, надежность.

5. При управлении качеством продукции необходимо оценивать ущерб, который некачественная продукция причинит обществу, при этом необходимо учитывать ущерб от некачественной продукции как в процессе производства (непроизводительные затраты времени, энергии, токсичность некоторых производств и т. п.), так и ущерб от готовой некачественной продукции (отказы, аварии, несоответствие продукции требованиям заказчика).

6. Постоянное повышение качества и снижение себестоимости продукции является залогом конкурентоспособности этой продукции.

7. При управлении качеством продукции необходимо учитывать, что ущерб, который терпит заказчик, из-за несоблюдения его требований, пропорционален квадрату величины отклонения полученного показателя качества от требуемого

$$E = A (ПК_m - ПК_n)^2,$$

где E – мера экономического ущерба; A – коэффициент пропорциональности; $ПК_m$ – требуемый показатель; $ПК_n$ – полученный показатель.

8. Качество проекта и технологии обеспечивают качество и определяют себестоимость готового изделия.

9. На этапе разработки и испытаний опытных образцов необходимо уменьшать отклонения характеристик изделий от заданных показателей качества.

10. При управлении качеством продукции необходимо выявить зависимость эксплуатационных характеристик изделия от различных внешних и внутренних факторов, используя при этом статистические методы и методы планирования эксперимента.

В основе методологии построения систем управления качеством лежит теория системотехники, которая утверждает, что если система квазистохастическая (неустойчивая) на некотором интервале времени, то эту систему можно сделать устойчивой, непрерывно обогащая ее информационный ресурс извне. Нельзя получить новое знание, способное улучшить систему, находясь внутри системы. Система способна или развиваться или деградировать, а статичное ее состояние невозможно. И действительно, старая информация разрушается, ее необходимо постоянно обновлять. Любая флуктуация, если ее вовремя не устранить, приведет к разрушению информационного ресурса. Поэтому нужно постоянно получать информацию для развития системы: *о новых разработках, о достигнутых показателях качества в данной области, о новых технологиях, методах контроля и т. п.* Этими свойствами и обладает система качества.

3.2. Эволюция систем управления качеством на отечественных промышленных предприятиях

Элементы управления качеством в нашей стране начали разрабатываться и применяться уже в 20-е годы 20-го века. Это статистические методы контроля качества, контрольные карты, методы выборочного контроля.

Первые успешные попытки в создании системы управления качеством были предприняты в 50-е годы. В 1955 г. на Саратовском авиационном заводе была разработана и внедрена система бездефектного изготовления продукции и сдачи ее с первого предъявления (БИП).

В основу системы БИП были положены следующие принципы:

- полная ответственность непосредственного исполнителя за качество выпускаемой продукции;
- полный контроль качества продукции и соответствие ее нормативно-технической документации (НТД) до предъявления отделу технического контроля (ОТК);
- соблюдение технологической дисциплины;
- задача технического контроля не только регистрация брака, но главным образом обеспечение мероприятий, исключающих появление брака.

Система БИП позволяла проводить количественную оценку труда каждого исполнителя, рабочих коллективов и на этой основе осуществить моральное и материальное стимулирование.

Оценка качества труда отдельных исполнителей проводилась на основе показателей сдачи продукции с первого предъявления:

$$П = \frac{A - Б}{A} \times 100\%,$$

где П – процент сдачи продукции ОТК с первого предъявления; А – сумма всех предъявлений исполнителем продукции в ОТК; Б – сумма всех возвратов продукции ОТК после обнаружения дефектов.

Внедрение системы БИП привело к развитию нового движения – работы с личным клеймом. К такой работе допускались исполнители, которые не менее 6 месяцев изготавливали продукцию без дефектов и сдавали ее ОТК с первого предъявления.

БИП система оказала влияние на структуру управления. На предприятиях создавались постоянно действующие комиссии по качеству, изменились функции ОТК, стали

проводиться дни качества. Система БИП являлась началом комплексного подхода к организации работ по повышению качеством продукции. Однако Саратовская система имела и ряд недостатков. Система не позволяла контролировать качество проектирования и новых разработок, не охватывала такие стадии жизненного цикла изделия, как реализация и эксплуатация. Система подтолкнула другие предприятия на поиск новых форм управления качеством. На передовых предприятиях Львовской области ныне Украина была разработана система бездефектного труда (СБТ). В этой системе основным показателем качества стал коэффициент качества труда K .

$$K = K_H - \sum_{i=1}^n K_{ci},$$

где K_H – исходный коэффициент качества труда, принимаемый за 1, 10, 100; K_{ci} – коэффициент снижения качества за несоблюдение заданного показателя качества труда для i -го задания; n – количество коэффициентов снижения качества.

Недостатком этого метода явилось то, что в нем учитывались только коэффициенты снижения, суммирующие недостатки по всем показателям, а превышения установленных показателей не отражались на коэффициенте качества.

Примером научного подхода к управлению качеством стала система КАНАРСПИ (Качество, надежность, ресурс с первых изделий), разработанная на предприятиях Горьковской области. Системы БИП и СБТ были направлены на управление качеством на стадии производства, система КАНАРСПИ – на то, чтобы уже в процессе проектирования и технологической подготовки производства обеспечить выпуск высококачественной продукции. Повышение качества изделий обеспечивалось за счет усиления внимания к отработке конструкторской и технологической документации. В системе предусматривалось создание опытных образцов и их испытания в специальных лабораториях. Большое внимание уделялось стандартизации. Применялись прогрессивные технологические процессы, методы статистического анализа качества. Однако в системе КАНАРСПИ не уделялось должного внимания вопросам планирования качества на всех этапах жизненного цикла изделий. Этот недостаток был частично исправлен в системе НОРМ (научная организация труда по увеличению моторесурса), разработанная на Ярославском моторном заводе (впоследствии объединение «Автодизель»). Целью внедрения системы было увеличение надежности и долговечности выпускаемых заводом двигателей. Организация работ была построена циклично, причем каждый новый цикл по повышению моторесурса начинался после достижения ранее запланированного уровня моторесурса. Внедрение системы НОРМ позволило увеличить ресурс ярославских двигателей до первого капитального ремонта в 2,5 раза.

В начале 70-х годов специалисты Госстандарта в сотрудничестве с организациями различных министерств и ведомств провели анализ, изучение и обобщение передового опыта предприятий в управлении качеством продукции. Результатом этих исследований стало создание единых принципов комплексной системы управления качеством (КСУКП).

КСУКП – это совокупность мероприятий, методов и средств, при помощи которых целенаправленно устанавливается, обеспечивается, поддерживается на основных стадиях жизненного цикла (планирование, разработка, производство, эксплуатация) уровень качества продукции, соответствующий потребностям общества и потребителей.

КСУКП решала следующие задачи:

- создание и освоение новых видов высококачественной продукции, соответствующей мировым образцам;
- повышение доли продукции высшей категории качества в общем объеме производства;

- улучшение показателей качества выпускаемой продукции и перевод ее в более высокую категорию;

- снятие с производства, замена или модернизация продукции низкого качества;
- планомерное повышение качества работы коллективов и исполнителей;
- обеспечение выпуска продукции в строгом соответствии с требованиями НТД.

Внедрение КСУКП привело к развитию заводской стандартизации, использованию стандартов предприятий (СПТ), которые являлись регламентирующей и правовой основой функционирования системы управления качеством предприятия. Стандарты предприятий разрабатывались в соответствие с действующими государственными стандартами, подлежали обязательному контролю как нормативные документы Государственной системы стандартизации (ГСС). Работа по внедрению КСУКП обеспечила на многих предприятиях значительное улучшение качества продукции и повысила их экономические показатели.

Передовые предприятия Днепропетровской области ныне Украина пошли по пути дальнейшего развития КСУКП. Они разработали и внедрили Комплексную систему управления качеством продукции и эффективным использованием ресурсов (КСУКП и ЭИР). КСУКП и ЭИР позволила управлять не только качеством продукции, но и всеми видами ресурсов, используемых в производстве. КСУКП и ЭИР получила распространение в основном на транспорте, в строительстве, в сфере обслуживания, сельском хозяйстве.

Используя основные положения КСУКП ряд предприятий Краснодарского края с помощью Госстандарта осуществили разработку и внедрение комплексной системы повышения эффективности производства (КСПЭП).

КСУКП и ЭИР и КСПЭП получили обобщенное название – Комплексные системы повышения эффективности производства и качества работы (КСПЭП и КР).

КСПЭП и КР явилась новым этапом дальнейшего развития КСУКП, охватывала все уровни предприятия, все стадии жизненного цикла продукции и функционировала на основе комплексных стандартов предприятия.

В процессе решения задачи повышения качества продукции некоторые предприятия отработывали новые формы и методы управления качеством продукции. Одной из таких форм явилась Саратовская система обеспечения технического уровня и качества продукции (СОТУ и КП), разработанная в 80-е годы. СОТУ и КП развивала принципы БИП.

Отечественные системы управления качеством представлены в таблице 2.4.

Таблица 2.4

Отечественные системы управления качеством

Название	Время разработки и внедрения, место	Область применения
БИП КАНАРСПИ	1955 г. г. Саратов 1958 г. г. Горький	Производство Проектирование, технология, производство
СБТ	1961 г. г. Львов	Производство
НОРМ	1964 г. г. Ярославль	все стадии жизненного цикла продукции
КСУКП КСУКП и ЭИР КСПЭП КСПЭП и КР СОТУ и КП	1973 г. г. Львов 1980 г. г. Днепропетровск 1980 г. г. Краснодар 80-е 20 в. г. Днепропетровск, г. Краснодар конец 80-х г. 20 в. г. Саратов	весь жизненный цикл продукции весь жизненный цикл продукции весь жизненный цикл продукции весь жизненный цикл продукции все стадии жизненного цикла продукции

3.3. Японская система управления качеством

Японская система управления качеством прошла несколько этапов и в разные годы называлась по-разному («Quality Control», Total Quality Control – TQC).

TQC – это всеобщий контроль качества. Это понятие было введено А. Фейгенбаумом, который в 50-е годы 20-го в. работал на фирме «Дженерал Электрик» США.

Японский ученый Исикава считает, что всеобщий контроль качества – это система, призванная в первую очередь объединить усилия всех подразделений фирмы, направленная на удовлетворение требований потребителей. Под руководством Каору Исикавы в 50-е г. 20-го в. JUSE (Японский Союз ученых и инженеров) основал глобальную программу, посвященную пониманию принципов качества, обучению и усовершенствованию методологии и инструментов контроля качества, а также развитию широкой национальной программы качества.

Выделим основные принципы японского подхода к управлению качеством:

1. Непрерывное от проекта к проекту совершенствование качества изделий (отказ от бытующего на Западе понятия «приемлемого уровня качества»).

2. Ответственность каждого рабочего (а не отдела управления качеством) за качество продукции.

3. Регулирование качества в ходе каждого производственного процесса в противовес выборочному контролю отдельных партий (т. е. предупреждение брака в отличие от его периодического обнаружения).

4. Использование простых, наглядных и понятных показателей оценки качества.

5. Применение средств автоматического измерения показателей качества продукции.

Обеспечить качество на каждом рабочем месте – такова японская концепция Комплексного управления качеством. Термин «комплексное управление качеством», был введен американским ученым доктором А. Фейгенбаумом.

Согласно Фейгенбауму, комплексное управление качеством определяется как «эффективная система, объединяющая деятельность различных подразделений организации, ответственных за разработки параметров качества, поддержание достигнутого уровня качества и его повышение, для обеспечения производства и эксплуатации изделия на самом экономическом уровне, при полном удовлетворении требований потребителя».

Большую роль в становлении японской системы качества сыграли американские ученые Э. Деминг и Джуран М. Джуран, а также японские ученые Каору Исикава и Таичи Охно.

Благодаря Джурану контроль качества стал инструментом управления. Именно он дал определение качеству как «пригодность для пользователя».

Система комплексного управления качеством использовалась на многих предприятиях совместно с системой производства «точно вовремя» (Система Just – In – Time – JIT).

Идея системы «точно вовремя»: производить и поставлять готовые изделия как раз к моменту их реализации, комплектующие узлы – к моменту сборки готового изделия, отдельные детали – к моменту сборки узлов, материалы – к моменту изготовления деталей. Японская промышленность производит небольшие партии изделий «точно вовремя». Конечно, производить абсолютно «вовремя» также невозможно, как и изготовить изделие, обладающее идеальным качеством, однако к этому идеалу следует стремиться.

Система комплексного управления качеством в сочетании с системой «точно вовремя» приведена на рис. 3.1.

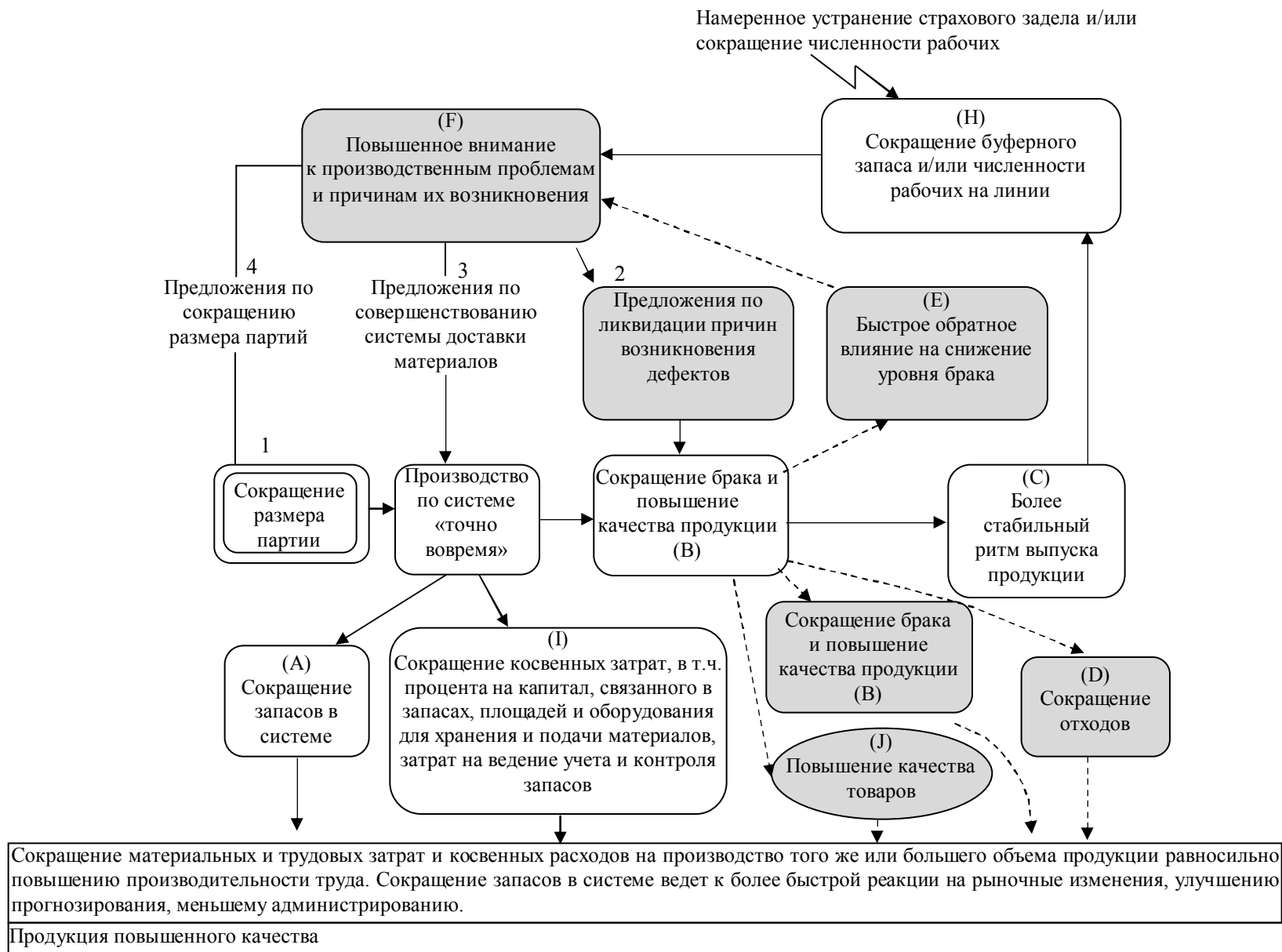


Рис. 3.1. Комплексное управление качеством в сочетании с системой «точно вовремя»

Система «точно вовремя» предполагает сокращение размера партий продукции (см. прямоугольник 1 на рис. 3.1), что приводит к уменьшению объемов производственных запасов – А, к снижению отходов – D и повышению качества – В. При производстве продукции мелкими партиями количество брака понижается, а качество повышается. Если рабочий изготавливает только одно изделие и сразу передает его следующему рабочему, то он будет поставлен в известность, если деталь окажется непригодной. Таким образом, бракованные детали выявляются немедленно (Е). Система «точно вовремя» ведет к уменьшению затрат времени на переделку брака – С, а также к сокращению стоимости испорченных материалов – D.

Рабочему, изготовившему деталь, нетрудно догадаться о причинах брака, если он обнаружится на соседнем рабочем месте. Возрастает степень осознания рабочим причин возникновения дефектов – F. Наличие крупных партий узлов и деталей скрывает причины появления дефектов и брака. Когда размер партий сокращается, причины брака обнажаются.

Можно указать три основных вида идей, генерируемых рабочими, управленческим персоналом и специалистами по мере осознания ими проблем, стоящих перед производством:

- *идеи относительно способов предотвращения дефектов, способствующие дальнейшему сокращению брака и повышению качества;*
- *идеи, связанные с совершенствованием системы доставки материалов к рабочему месту;*
- *идеи относительно сокращения размеров партий.*

Эти три направления обозначены на схеме цифрами 2,3 и 4 на рис 3.1 и обозначены стрелками, выходящими из блока F. Система «точно вовремя» приводит к сокращению общего объема производственных запасов – H, еще больше возрастает сознательное отношение рабочих к перебоям в производстве – F, что дает толчок к идеям, направленным на совершенствование производства – F. Это в свою очередь способствует дальнейшему развитию метода «точно вовремя», возрастает ритмичность производства – эффект С, и приводит к дальнейшему сокращению потребности в резервных запасах. Управление запасами по методу «точно вовремя» дает косвенные выгоды – I, сокращаются площади складских помещений, высвобождается пространство в цехах. Система комплексного управления качеством охватывает факторы В, С, D, Е и F на рис. 3.1.

«Обеспечить качество на каждом рабочем месте» – такова японская концепция комплексного управления качеством. Для работников предприятия это означает, что допущенные ими ошибки должны быть обнаружены и исправлены тут же, на рабочем месте. Такой подход принципиально отличается от практики, принятой на предприятиях Запада, где с помощью выборочного статистического контроля проверяют партии уже изготовленной продукции, т. е. действует принцип обнаружения дефектов, вместо их предупреждения. На Западе и у нас в стране контроль качества осуществляется работниками отделов технического контроля, в Японии основная ответственность за качество продукции ложится на рабочих и мастеров, а остальной персонал должен оказывать содействие в деле повышения качества, причем часто такое содействие оказывается по требованию самих рабочих и мастеров. Инженеры конструируют автоматические контрольные приборы в дополнении к тем, которые можно купить, отделы подготовки кадров обеспечивают обучение рабочих методам контроля качества, высшее управленческое звено оперативно выделяет средства для внедрения перспективных идей, направленных на повышение качества.

В условиях, когда контроль качества осуществляется уже на рабочем месте, наблюдается ускоренное обратное воздействие результатов этого контроля на уровень брака – фактор Е. Рабочий проверяет качество изделия сразу же после его изготовления. Если изделие дефектное, это становится известно рабочему тут же, что стимулирует более сознательное отношение к производственным проблемам и причинам их возникновения со

стороны рабочих – фактор F. В результате отдельные рабочие, целые бригады, мастера, инженеры и другой персонал выдвигают идеи относительно методов предотвращения брака. Применение этих методов способствует дальнейшему сокращению количества дефектов и улучшению качества – фактор B, и весь цикл повторяется снова, соединяясь с циклом «точно вовремя». Комплексное управление качеством способствует сокращению затрат рабочего времени на переделку бракованных изделий и уменьшению непроизводительного расходования материалов – факторы C и D. Помимо этого возникает дополнительный эффект – «повышение качества готовой продукции» – фактор I. Система «точно вовремя» не обязательно предполагает повышение качества, но ведет к снижению издержек. Напротив, комплексное управление качеством ведет к повышению качества.

Борьба японцев за повышение качества продукции в течение более 30 лет вызвала к жизни комплекс широко применяемых методов контроля качества. К ним относятся педантичное отношение к чистоте рабочих мест, кружки качества, использование контрольных карт и причинно-следственных диаграмм для выявления причин брака, право рабочих останавливать конвейер для исправления дефектов.

Концепции, заложенные в рамках японской системы управления качеством продукции, приведена в таблице 3.3.

Таблица 3.3

Концепции японской системы управления качеством продукции

Признак группировки	Концепция
1. Организация	Ответственность производственных подразделений
2. Цели	Привычка к улучшению
3. Основные принципы	контроль процесса производства; наглядность результатов измерения показателей качества; соблюдение требований к качеству; остановки линии; самостоятельное исправление ошибок; 100%-я проверка изделий; поэтапное улучшение качества
4. Принципы, способствующие дальнейшему улучшению качества	производство мелкими партиями; порядок на рабочем месте; запланированная недогрузка мощностей; ежедневная проверка оборудования
5. Методы и средства контроля	выявление проблем; средства автоматического предотвращения ошибок; контроль первого и последнего изделия в партии (N=2); кружки качества

Японская система качества имеет шесть особенностей, отличающих ее от западных систем.

1. Управление качеством на уровне фирмы – участие всех звеньев в управлении качеством.
2. Подготовка кадров и обучение методам управления качеством.
3. Деятельность кружков качества.
4. Инспектирование деятельности фирмы по управлению качеством продукции (проверка деятельности руководства, премия Деминга предприятию).
5. Использование статистических методов.
6. Общенациональная программа по контролю качества.

Если технологический процесс нестабильный, то контролю подлежит большая часть изделий, может быть 100% изделий. Для более стабильных процессов применяют выборочный контроль. На западных предприятиях он основан на принципе случайной выборки. На японских предприятиях используется не случайная выборка, а выборка,

состоящая из двух изделий ($N = 2$) – первого и последнего в партии. Если первое и последнее изделия нормального качества, значит процесс стабилен, а все изделия партии – нормального качества.

3.4. Концепция Всеобщего Управления Качеством (TQM)

Наиболее эффективной рабочей моделью качества в настоящее время является модель Всеобщего Управления Качеством.

Эта концепция была разработана в 1980–1990 гг. учеными Демингом, Кросби, Джуроном, Исикавой и др. Основная заслуга в разработке этой системы принадлежит Японии.

Важнейшие элементы концепции TQM показаны на рис. 3.2.

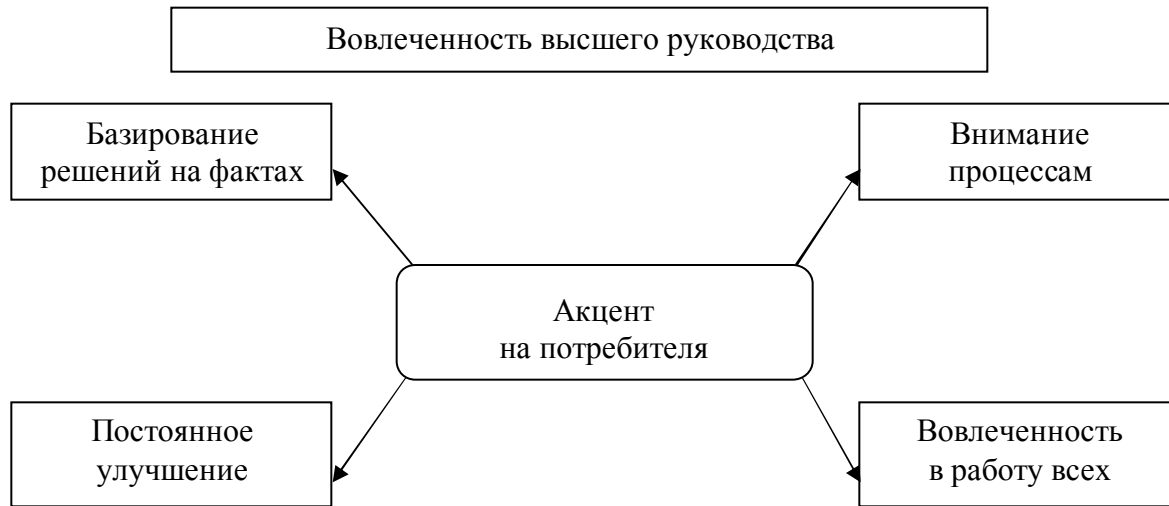


Рис. 3.2. Важнейшие элементы концепции TQM

Стратегия качества должна базироваться на непосредственном участии высшего руководства, владеющего основными положениями концепции TQM.

Из рис. видно, что наиболее важными элементами TQM являются:

- фокусирование всей деятельности компании на нужды и пожелания как внешних, так и внутренних потребителей;
- обеспечение возможности и реального участия каждого в процессе достижения главной цели – удовлетворять запросы потребителя, эффективное участие каждого сотрудника;
- сосредоточение внимания на процессах, рассматривая их как оптимальную систему достижения цели – максимизации ценности продукта для потребителя;
- постоянное и непрерывное улучшение качества продукта;
- базирование всех решений компании только на фактах, а не на интуиции или опыте ее работников.

Вся деятельность компании должна быть акцентирована на потребителя. Качество оценивается только потребителем и поэтому должно быть поставлено в зависимость от его пожеланий.

Это значит, что потребитель является участником процесса, осуществляемого производителем, и заинтересован в конечном результате.

Компания, направляя продукцию на рынок, выделяет своего потребителя и старается узнать его мнение о качестве товара, на основании которого производит корректировку параметров качества продукции с целью улучшения его для потребителя.

Удовлетворение потребителя в условиях рынка должно быть первостепенной задачей любой организации, независимо от формы собственности и размеров. В то же время для организации, работающей в условиях TQM, это не означает ориентацию только на внешнего потребителя. Чтобы иметь возможность удовлетворять запросы внешних потребителей (внешнее качество), необходимо удовлетворить внутренних потребителей (внутреннее качество).

Каждый сотрудник фирмы имеет своих потребителей, которые называются внутренними потребителями. Их нужды в соответствии с требованиями «делать работу хорошо» должны удовлетворяться. Низкий уровень внутреннего качества подразумевает различные нарушения в работе системы, вызванные переработкой проекта, повторным производством продукта для компенсации некачественной продукции исправлением дефектного продукта или его уничтожением (хотя на его производство уже были затрачены средства) и различными задержками в процессе, приводящим, в конечном итоге, к снижению производительности и росту стоимости конечного продукта. Достижение высокого внешнего качества при низком внутреннем связано со значительным увеличением срока изготовления, а также с удорожанием продукта. В современных условиях конкурентной борьбы такой производитель обречен на провал. Чтобы избежать низкого внутреннего качества и обеспечить высокое внешнее качество, необходимо, как подчеркивает TQM, включить в процесс как внешнего, так и внутреннего потребителя и рассматривать взаимоотношения поставщик-потребитель как непрерывную цепь всего процесса. Каждый работник в любом звене этого процесса должен знать и понимать потребности не только внешнего, но и внутреннего потребителя. Основное требование TQM – рассматривать потребителя как участника процесса создания высококачественного продукта.

Определение нужд потребителя – первый шаг, необходимый для включения потребителя в процесс создания высококачественного продукта. Для определения нужд внешнего потребителя нужно исследовать рынок и реализовать рыночные ожидания при планировании, разработке и изготовлении продукта. Сравнение функций продукта, его исполнению и цены с нуждами потребителя – основа оценки качества продукта. Компания, направляя продукт на рынок, изучает своего потребителя и старается узнать его мнение о качестве товара. На основании этого мнения с помощью обратной связи компания производит корректировку параметров качества продукта. Индексация степени удовлетворенности позволяет количественно оценить вклад различных составляющих качества в общее мнение потребителя о качестве исследуемого объекта и формализовать организационную работу фирмы на основе нужд и ожиданий потребителя. Внешний потребитель может быть представлен тремя основными группами:

- конечные пользователи продукта компании (конкретные люди);
- промежуточные потребители (посредники между компанией и конечным пользователем продукта), например, дистрибьюторы или перепродавцы, добавляющие ценность продукту;
- крупные и средние потребители (организации и предприятия).

Для выявления мнений потребителя проводится обследование рынка посредством контакта с большим количеством потребителей.

Качество продукции зависит от качества процессов. TQM определяет процесс как организованную деятельность.

У любого процесса есть границы: начальная стадия – вход и конечная – выход.

Выход процесса – это результат преобразования или набора преобразований, типы которых могут быть классифицированы четырьмя категориями:

- физическое преобразование;
- преобразование места расположения;
- преобразование сделки, договора или ведения дела;
- информационное преобразование.

При выполнении процесса используются ресурсы (люди, оборудование и т.д.). Часто ресурсы рассматриваются как вход процесса.

В соответствии с международным стандартом ISO процесс – это «совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих видов деятельности, приобретающих входы и выходы».

Для пояснения концепции «акцент на процесс» можно считать, что ресурсы, как и деятельность, включены в процесс, с тем, чтобы рассматривать вход только как приходящие извне потоки, например, потоки процессов других компаний.

У каждого процесса есть руководитель – владелец процесса.

Руководитель процесса – это лицо, ответственное за его качественное функционирование и выполнение.

Он должен:

- согласовать входные и выходные требования в интерфейсе процесса.

Интерфейс – это совокупность средств и правил, обеспечивающих физическое и логическое взаимодействие входа и выхода процесса с внешней средой;

- нести ответственность за корректировку возможных недостатков и содействовать разрешению возникающих проблем;
- предусмотреть возможность для исполнителей вносить изменения в операции, способствующие улучшению процесса и качества продукта.

Границы процесса ограничивают круг его деятельности. Эта деятельность должна быть управляемой и должна обеспечивать прохождение процесса в соответствии с входными и выходными требованиями. Схема процесса представлена на рис. 3.3.

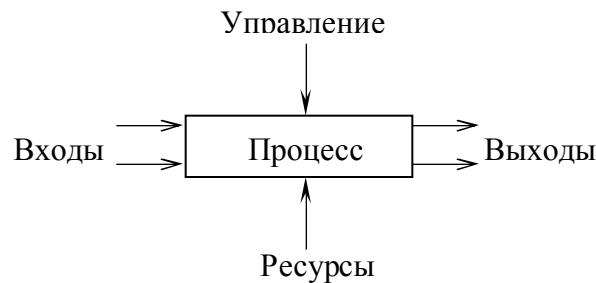


Рис.3.3. Схема процесса

Поставщик обеспечивает вход процесса, потребитель является пользователем выхода.

Выходные требования должны отражать нужды и ожидания потребителя. Если выходом процесса является продукт, то эти требования представляют собой физические и функциональные характеристики, которые должны удовлетворять требования потребителя.

Входные требования должны обеспечивать бесперебойное и экономическое протекание процесса. Задача каждого процесса – удовлетворить его потребителей, используя для этой цели минимально возможные ресурсы.

Процессы в любой компании могут быть трех видов:

- индивидуальный, выполняемый отдельным работником;
- функциональный или вертикальный, отражающий взаимодействия руководителей, отделов, подразделений и служащих компании;
- деловой или горизонтальный, который пересекает по горизонтали деятельность компании и представляет собой совокупность взаимосвязанных интегрированных процессов, обеспечивая конечные результаты, соответствующие интересам компании.

В компании могут выполняться несколько деловых процессов, направленных на удовлетворение запросов потребителя.

Каждый процесс должен иметь своего владельца, который отвечает за улучшение

работы процесса и может принимать самостоятельные решения.

Руководитель цеха, например, отвечает за функциональный процесс, в то время как токарь является владельцем операции на токарном станке, т.е. лицом, принимающим самостоятельное решение, как лучше выполнить ту или иную токарную операцию при изготовлении детали с заданными параметрами качества исходя из своих возможностей и возможностей токарного станка.

Отвечая за качественное функционирование и выполнение процесса, его руководитель определяет:

- что должно быть получено в результате процесса;
- каким должен быть исходный продукт;
- как управлять процессом.

Процесс необходимо рассматривать как источник качества. Фокусировка внимания на процесс означает, что главным фактором является профилактика, а не исправление допущенных ошибок.

Влияние на процесс, а не на результаты процесса – базовая концепция управления процессами компании, работающей в условиях TQM. Нельзя ожидать конечного результата, а затем исправлять ошибки, необходимо влиять на сам процесс, чтобы не допустить их. Это можно сделать, учитывая, что процесс преобразует определенный вход (информацию, материал) в определенный выход в виде различного рода изделий или сервиса. В процессе преобразования входа в выход контролируются этапы преобразования путем сравнения измеренных значений показателей качества с требованиями нормативно-технической документации, и при их несоответствии с помощью обратной связи корректируется ход выполнения операции. Такой контроль осуществляется на всем протяжении от входа до выхода и составляет систему контроля процесса.

Главное требование к системе контроля – предупреждение несоответствий, а не контроль конечного результата процесса. Нельзя ожидать конечного результата от исправления допущенных ошибок, необходимо осуществить влияние на сам процесс за счет корректирующей обратной связи на основании измерений.

Управление качеством процессов можно разделить на три этапа: планирование, контроль и улучшение качества, которые известны как трилогия Джурана (или триада качества). Управление процессом по Джурану представлено на рис. 3.4.

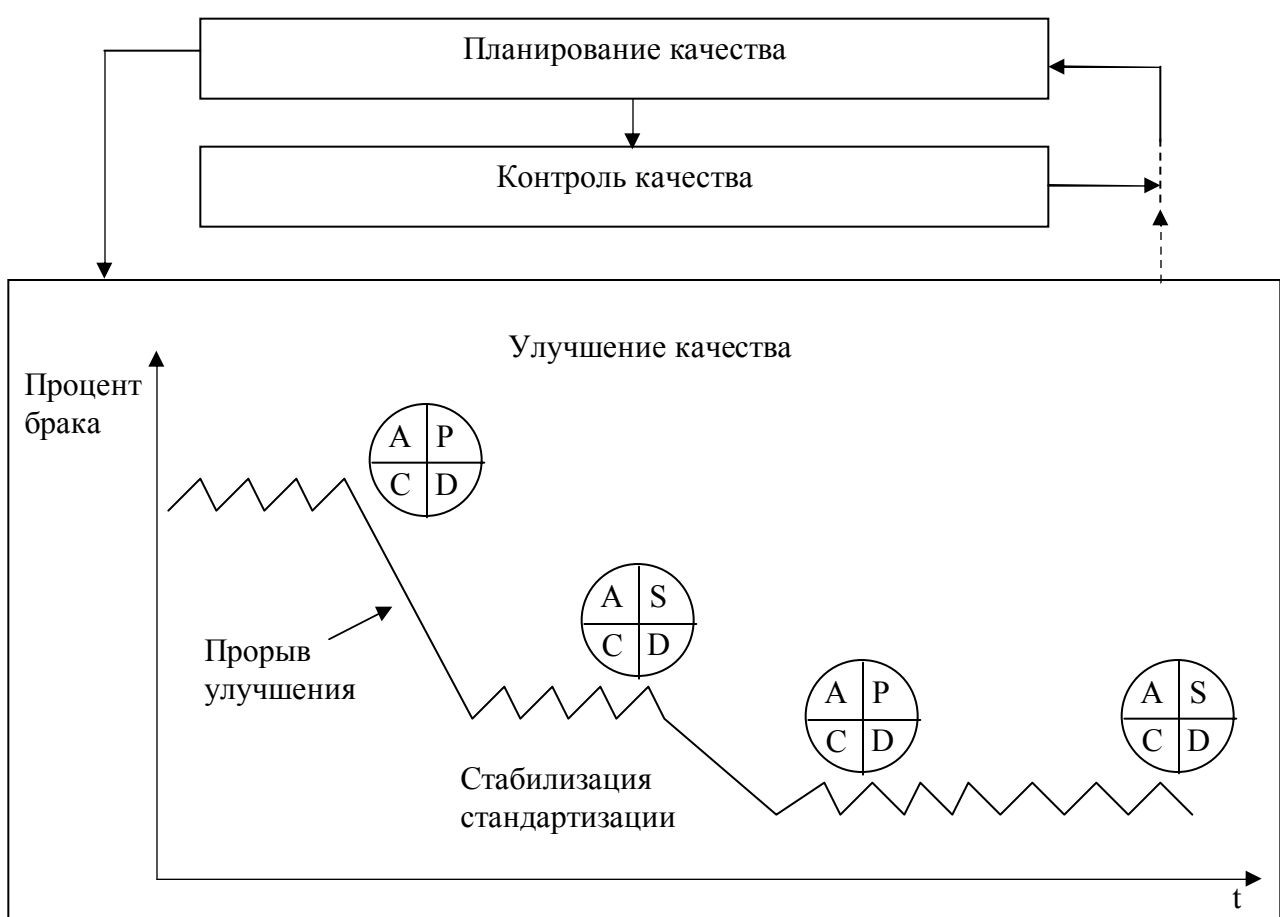


Рис. 3.4. Управление процессом по Джурану

Как видно из рис. 3.4, «прорыв улучшения» характеризуется уменьшением процента брака, после чего планируемые показатели качества становятся стандартными до следующего прорыва. Это соответствует циклам Деминга RDCA и SDCA.

Необходимо осуществлять непрерывное (постоянное) улучшение качества. Первым о постоянном улучшении качества начал говорить Джуран. Улучшение качества может быть двух типов:

крупное и серия мелких постоянных улучшений.

Крупное улучшение связано с применением принципиально новых технологий и требуют больших инвестиций. Улучшения такого рода японцы называют Кайрио (KAIRYO), и они характерны для западного образа мышления.

При мелких улучшениях эффект отдельного улучшения небольшой, но серия таких постоянных улучшений дает немалый эффект. Систему таких улучшений японцы называют Кайзен (KAIZEN). Эта система характерна для TQM.

Для того чтобы стратегия качества была успешней, в работу по улучшению качества должны быть вовлечены высшее руководство, потребители, все сотрудники фирмы, компании, все поставщики.

Основным требованием TQM является базирование решений на фактах, а не на личном опыте специалиста или интуиции. Схема принятия решения приведена на рис. 3.5.

Правильное решение требует статистического мышления, которое предусматривает знание и умение применять статистические методы.

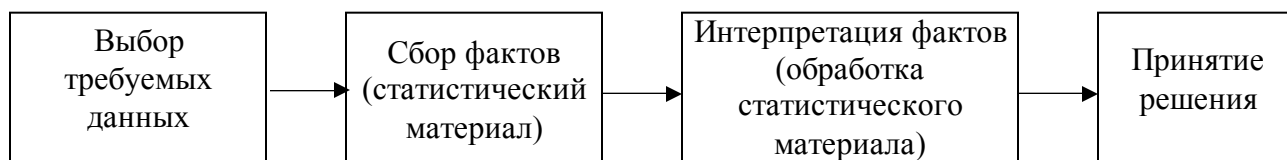


Рис. 3.5. Схема принятия решения

3.5. «Петля качества». Общие понятия о системах качества

«Петля качества» – это концептуальная модель взаимосвязанных видов деятельности, влияющих на качество на различных стадиях от определения потребности до оценки их удовлетворения. «Петля качества» – это типичные этапы жизненного цикла изделия.

«Петля качества» показана на рисунке 3.6.

Этапы жизненного цикла продукции согласно стандарту ИСО 9000 начинаются с маркетинга. Работать на потребителя, добиваться качества, которое необходимо потребителю, возможно только тогда, когда система качества создается на базе исследования рынка.

При управлении качеством должны соблюдаться единство и взаимосвязь всех проводимых мероприятий: организационных, технических, экономических.

Система качества должна разрабатываться в соответствии с «петлей качества».

Система качества (СК) – это совокупность организационной структуры, распределения ответственности, процедур, процессов и ресурсов, необходимых для осуществления общего руководства качеством. Система качества разрабатывается, создается и внедряется на предприятии как средство, обеспечивающее проведение определенной политики в области качества и достижения поставленных целей. В области качества перед любым предприятием стоят три задачи:

1. Достигать и поддерживать качество продукции на уровне, необходимом потребителю.

2. Обеспечить уверенность руководства в том, что намеченное качество достигается и поддерживается на заданном уровне.

3. Обеспечить уверенность потребителю в том, что намеченное качество продукции достигается или будет достигнуто.

Взаимосвязь задач и основных аспектов системы качества показана на рис. 3.7.



Рис. 3.6. «Петля качества»

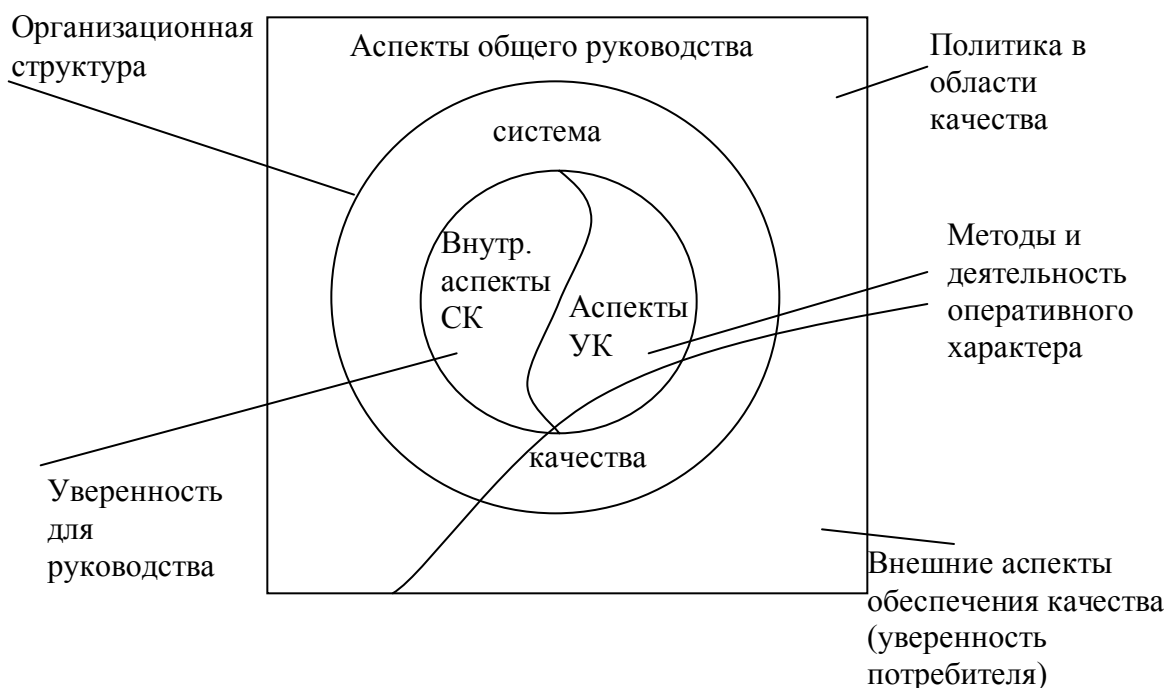


Рис. 3.7. Взаимосвязь задач и основных аспектов системы качества

Система качества ориентируется не вообще на продукцию предприятия, а на совершенно конкретную продукцию в конкретных условиях разработки, изготовления и эксплуатации. Если предприятие выпускает для поставщиков десять разных изделий, то и систем качества должно быть столько же. Эти системы являются подсистемами общей системы управления качеством продукции предприятия. Это так называемый «продуктовый подход» к организации системы менеджмента качества. Однако это не означает, что в системах управления качеством конкретных изделий нет ничего общего. Система качества

рассматривается как целеориентированная система, самосохраняющаяся, действующая в соответствии с перспективой, обозначенной в технической политике.

Реализация политики в области качества включает в себя:

1. Непрерывное постоянное улучшение качества путем постоянного воздействия на поставщиков и внутренние процессы, совершенствование документации, анализ данных.
2. Улучшение качества путем применения новых технологий, оборудования, контрольно-измерительной аппаратуры, изменения организационной структуры.
3. Ликвидацию систем и процессов, не обеспечивающих требуемого качества.

Важнейшими функциями, которые должны реализовываться в системах управления качеством продукции, являются:

1. Прогнозирование потребностей и технического уровня изделий.
2. Планирование повышения качества изделий.
3. Нормирование требований к свойствам изделий.
4. Организация метрологического контроля.
5. Обеспечение требуемого уровня качества на всех этапах производства и потребления продукции.
6. Надзор за внедрением и соблюдением стандартов и технических условий.
7. Повышение качества выпускаемых изделий.

Американский ученый Джуран определил ядро любой системы управления качеством как «триаду качества» – планирование, контроль, повышение качества.

Обобщенный вариант системы управления качеством может быть представлен следующим комплексом задач:

1. Определение уровня качества продукции на различных этапах ее разработки, производства и эксплуатации. Этот процесс предусматривает определение основных параметров качества, анализ возможностей производства по выпуску продукции с заданными показателями качества, обеспечение контроля качества.

2. Контроль качества конструкторских разработок, установление норм и показателей качества в стандартах. Решение этой задачи заключается в организации системы контроля за разработкой продукции с определенными свойствами, конструкторско-технологической документации, обеспечивающей конкретные параметры качества, выявление потребностей производственно-технологического цикла.

3. Анализ технологической подготовки производства и выпуска продукции. Этот этап сводится к контролю за производственным процессом, обеспечением нормативно-технологической документацией.

4. Контроль за качеством изготавливаемой продукции. Это входной контроль материалов, комплектующих изделий, статистическая обработка данных по дефектной продукции, испытания, хранение продукции.

5. Изучение требований потребителя продукции (заказчика), контроль метрологического обеспечения, разработка новых средств контроля, автоматизация контроля.

6. Анализ затрат на достижение заданного качества продукции.

Кроме того, в системах управления качеством применяется ряд мероприятий организационного плана. В них могут быть включены вопросы общего руководства, сбора и анализа информации, формирования управляющих воздействий, подготовки специалистов по качеству и другие.

Систему качества можно упрощенно представить в виде следующей структуры (рис. 3.8).

Подсистема обеспечения качества представляет собой совокупность планируемых и систематически проводимых мероприятий, создающих необходимые условия для выполнения каждого этапа жизненного цикла продукции. Подсистема управления качеством представляет собой меры и действия оперативного характера (управление процессами,

выявление различного рода несоответствий продукции, производства или систем качества и устранение причин несоответствий).

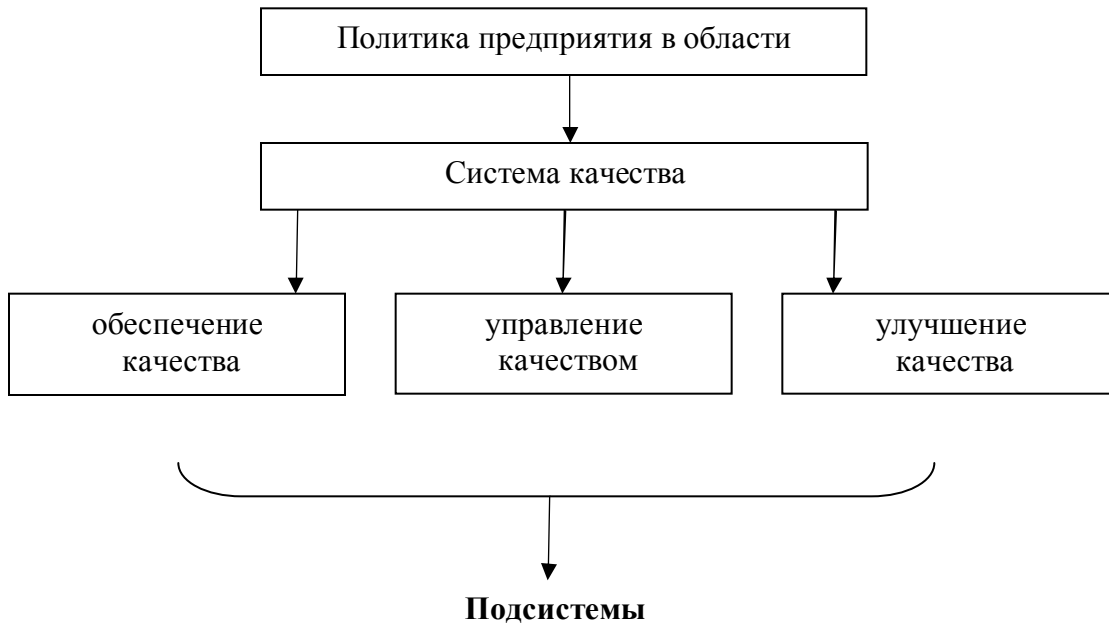


Рис. 3.8. Структура системы качества

В методологии систем качества, принятых в нашей стране, меры по выявлению и устранению причин несоответствий известны как «замкнутый управляющий цикл», который включает в себя контроль, учет, анализ (оценку), принятие решения и его реализацию (см. рис. 3.6). Решение может быть принято по результатам текущей информации, а также по результатам анализа накопленной информации.

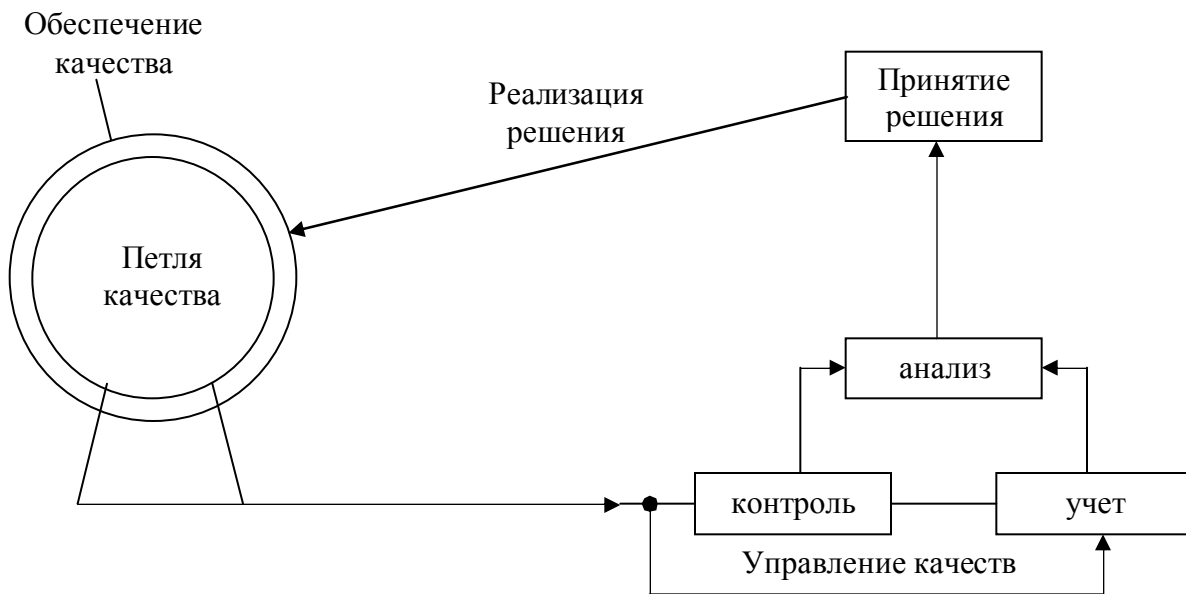


Рис. 3.9. Замкнутый управляющий цикл



Рис. 3.10. График улучшения качества

Улучшение качества – это постоянная деятельность, направленная на повышение технического уровня продукции, качества ее изготовления, совершенствование элементов производства и системы качества. На рис. 3.10 показан график улучшения качества.

По оси ординат откладываются потери P , связанные с плохим качеством, по оси абсцисс – время t . С течением времени t , потери, связанные с плохим качеством, уменьшились. Следовательно, улучшилось качество выпускаемой продукции.

3.6. Требования к системам качества в соответствии со стандартами ISO (ИСО) серии 9000:2000

Международный опыт по системам качества обобщен в стандартах ИСО серии 9000, изданных Международной организацией по стандартизации (International Organization for standardization – ISO), ИСО. Проверку применимости систем качества проводили в США, Канаде, Великобритании и других странах путем разработки и утверждения национальных стандартов. Стандарты ИСО серии 9000 – основа стратегии непрерывного и долгосрочного улучшения качества.

Стандарты серии ИСО 9000 касаются систем управления качеством на предприятиях, производящих товары или оказывающих услуги. Первые стандарты ИСО 9000 были опубликованы в 1987 г. и с тех пор неоднократно пересматривались. Хотя стандарты ИСО носят рекомендательный характер, однако они приняты в качестве национальных более чем в 90 странах, в том числе США, России, государствах Евросоюза и др. Серией стандартов ИСО 9000 в 1987 г. и 1994 г. было предусмотрено три стандарта, которым может соответствовать система качества:

- модель для обеспечения качества при проектировании и (или) разработке, производстве, монтаже и обслуживании (ИСО 9001);
- модель для обеспечения качества при производстве и монтаже (ИСО 9002);
- модель для обеспечения качества при окончательном контроле и испытаниях (ИСО 9003).

Первая модель наиболее полная и охватывает две другие.

В 2002 г. ИСО выпустила новую версию стандартов серии 9000.

Комплекс документов состоит из пяти базовых стандартов:

- ИСО 9000:2000 «Система менеджмента качества. Основные принципы и словарь»;
- ИСО 9001:2000 «Система менеджмента качества. Требования» (устанавливает минимально необходимый набор требований к системам качества и применяется для целей сертификации и аудита);
- ИСО 9004:2000 «Система менеджмента качества. Руководящие указания по улучшению качества» (содержит методические указания по созданию систем менеджмента качества, которые ориентированы на высокую эффективность деятельности предприятий);
- ИСО 19011:2000 «Руководящие указания по проверке системы менеджмента качества и охраны окружающей среды»;
- ИСО 10012 «Обеспечение качества измерительного оборудования».

Основополагающими являются стандарты ИСО 9001 и 9004. Они могут использоваться как совместно, так и раздельно. Оба стандарта имеют идентичную структуру, но разные области применения.

Новая версия стандартов подчеркивает:

- ответственность руководства;
- приоритетность ожиданий потребителя и его удовлетворенность, возможность применения стандартов любыми компаниями независимо от их размеров, отрасли или продукции.

В новой версии стандартов появилось требование измерения удовлетворенности потребителя, выдвинуты новые требования, касающиеся управления ресурсами, устранена имевшая ранее нечеткость с применением некоторых терминов, улучшена возможность интеграции с другими системами. например, с системой управления окружающей средой (стандарт ИСО 14001). Стандарты направлены на реальные процессы и деятельность предприятий. Стандарт ИСО 9001:2000 заменяет стандарты ИСО 9001, ИСО 9002, ИСО 9004.

Разрешено использование только тех требований стандарта, которые применяются организацией.

Организация может исключить те требования системы управления качеством, которые не влияют на ее работоспособность или освобождают ее от ответственности обеспечивать потребителя качественной продукцией или услугами.

Обязательным является документирование шести процедур:

- управление документацией;
- управление записями о качестве;
- внедрение аудита;
- управление несоответствующей продукцией;
- корректирующие действия;
- управляющие действия.

Версия ИСО 9001:2000 позволяет организации разрабатывать минимальное количество документов, необходимых для эффективного функционирования системы качества.

Новая версия стандартов базируется на принципах системного управления близких к концепции TQM. Системный подход предполагает постоянное улучшение систем через измерения и оценку.

Стандарты ИСО 9000:2000 ориентированы на потребителя. Стандарты подчеркивают ведущую роль руководства.

Руководители устанавливают цели, направления и внутреннюю среду организации. Они должны создать обстановку вовлечения всех сотрудников организации в процесс улучшения качества. Система должна побуждать сотрудников проявлять инициативу в постоянном улучшении качества деятельности организации, брать на себя ответственность в решении проблем качества, повышать свои знания, представлять свою организацию в лучшем свете потребителям и всем заинтересованным сторонам.

Руководство организации должно определять ее долгосрочную политику в области качества, определять цели и задачи.

Систематическое выявление и управление процессами, реализуемыми в организации, понимается в ИСО 9000:2000 как «процессориентированный подход».

Версия ИСО 9000:2000 предполагает алгоритмический подход к проектированию системы качества как к совокупности взаимосвязанных процессов, при этом каждый процесс рассматривается в виде системы:

- входы и результаты процесса четко устанавливаются и измеряются;
- определяются потребители каждого процесса, изучается их удовлетворенность результатами процесса;
- устанавливается взаимодействие данного процесса с остальными процессами организации;
- устанавливаются права, полномочия и ответственность за управление процессами;
- при проектировании процесса определяется его ресурсное обеспечение.

Сформулированный таким образом основной перечень процессов документируется. Производится ранжирование процессов. Из множества процессов выделяются те, которые могут принести прибыль, т. е. бизнес-процессы.

Постоянное улучшение процессов, качества выпускаемой продукции должно быть целью организации.

В стандартах ИСО 9000:2000 подчеркивается, что:

- успешное функционирование организации может быть результатом внедрения системы управления качеством, которая разработана с учетом принципа постоянного улучшения;
- система управления качеством обеспечивает основу для постоянного улучшения и удовлетворения потребителей;
- для определения нестабильности процессов и их результатов могут использоваться статистические методы, которые являются основой для постоянного улучшения системы качества.

Наиболее важными положениями по постоянному улучшению качества являются следующие:

- высшее руководство организации должно продемонстрировать свою приверженность к разработке и улучшению системы управления (менеджмента) качества;
- высшее руководство должно обеспечить планирование качества;
- по результатам анализа функционирования системы качества должны осуществляться корректирующие действия по улучшению системы и ее процессов;
- для внедрения и улучшения системы управления качеством организация должна быть своевременно обеспечена ресурсами;
- организация должна спланировать и ввести операции измерения и контроля, необходимые для определения и улучшения качества;
- организация должна определить политику в области качества, использовать аудиты качества для постоянного улучшения качества.

В стандартах ИСО 9000:2000 реализуются принципы принятия решений, основанные на фактах.

Решения будут наиболее эффективными, если они основываются на анализе данных и реальной информации, а не на основе интуиции, предположения, прожитого опыта и др.

Реализация принципа требует сбора достоверной информации по данному вопросу. Сбор данных и последующий их анализ предполагает знание и использование соответствующих статистических методов.

Госстандартом РФ были введены в действие с 2001 года новые государственные стандарты, соответствующие стандартам ИСО серии 9000 версии 2000Т:

ГОСТ Р ИСО 9000-2001. «Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь»;

ГОСТ Р ИСО 9001-2001. «Системы менеджмента качества. Требования»;

ГОСТ Р ИСО 9004-2001. «Системы менеджмента качества. Рекомендации по улучшению деятельности».

Указанные стандарты в декабре 2003 года заменили все ранее действовавшие стандарты ГОСТ Р ИСО серии 9000. В соответствии с этим возникла потребность переработать систему качества предприятий в систему менеджмента качества и сертифицировать по данным стандартам.

3.7 Премии в области качества

Наиболее престижными премиями за качество являются: приз Деминга, Deming Application Prize (DAP), в Японии; национальная награда за качество Мэлкома Белдриджа, Melcom Baldrige National Quality Award (MBNQA), в США; и Европейская премия за качество, European Quality Award (EQA), для компаний Европы. Каждая из этих премий отражает различный подход к вопросу качества в Европе, США и Японии.

В Европе большое внимание уделяется в настоящее время Системе качества и соответственно качеству процесса. Этот подход и лежит в основе стандартов ИСО 9000. В то же время как в США, так и в Японии вопросы качества представляют в более высоком его понятии: качество, удовлетворяющее потребителя. В этом случае под качеством, удовлетворяющим потребителя, подразумевается качество цели и качество исполнения. На этом базируются и стандарты этих стран. Европейские же страны, как уже не однократно подчеркивалось, несколько отстали в своем развитии в вопросах обеспечения качества. И поэтому они вынуждены начинать с Системы качества, которая для Японии и США уже пройденный этап и «сама собою разумеется» для компаний, выживших в жесткой конкурентной борьбе.

Приз Деминга за качество (премия Деминга) был учрежден в 1951г. в честь большого вклада Э. Деминга в развитие качества в Японии. К этому времени контроль качества широко применялся в японской промышленности и даже трансформировался в программу Всеобщего Управления Качеством компании (Company Wide Quality Control, CWQC), базирующуюся на статистическом контроле качества (SQC). Компании, которые награждались призом Деминга за качество, достигали наибольших успехов именно за счет эффективного внедрения CWQC и были признаны лидерами не только японской, но и мировой промышленности. Приз Деминга присуждался также отдельным лицам или группам, внесшим значительный вклад в развитие и популяризацию контроля качества.

Подача заявлений на получение приза Деминга похожа на экзамен. Претендент выдержит экзамен только в том случае, если спроектированное и примененное им управление качеством в наибольшей степени соответствует типу и размеру именно его бизнеса, давая наибольший эффект в конкретном случае. Если в 1984 г. рассматривались только японские компании и наиболее отличившиеся люди этой страны, то в 1984 г. комитетом по присуждению приза Деминга было принято решение об учреждении специального приза Деминга и зарубежным компаниям (The Deming Application for Oversea Companies, DA POC), условия присуждения которого были объявлены впервые в 1987 г. О высоких требованиях, предъявляемых к соискателям этого приза, говорит тот факт, что с 1987 по 1994 г. только две зарубежные компании награждены призом Деминга. Одной из них стала компания «Флорида Пауэр Лайт» в США, получившая DAPOC в 1989 г. за свою программу качества «Процесс улучшения качества» (Quality Improvement Process), практическое применение которой началось в этой компании в 1981 г. Как отмечалось Японским комитетом по присуждению приза Деминга, эта программа представляет собой «никогда не заканчивающееся путешествие

в качество, базирующееся на принципах удовлетворения потребителя, цикла Деминга PDCA, управления только на основании фактов и уважения людей». Второй стала в 1991 г. компания «Филипс Тайвань» со штаб-квартирой в г. Тайней (Тайвань), производящая всевозможную электронную продукцию и насчитывающая около 8200 рабочих. Начатая этой компанией в 1985 г. программа Всеобщего Управления Качеством включала: политику; организацию и ее управление; образование и распространение знаний; сбор, распространение и использование информации о качестве; анализ; стандартизацию; контроль; обеспечение качества; результаты; планирование на будущее. Такая программа, по мнению комитета по присуждению приза Деминга, в начале 90-х годов в наибольшей степени соответствовала японской идеологии CWQC.

Среди 129 фирм Японии, которые получили приз Деминга в период с 1951 по 1993 г., всемирно известные компании: «Ниппан Электрик Ко.», «Кавасаки Стил», «Хитачи Лтд.», «Фуджи Фото Филм Лтд.», «Нисан Мотор Ко.», «Тойота Лимитед», «Кансай Электрик Пауер Ко.», «Фуджи Ксерокс Ко.».

В настоящее время Японский комитет по присуждению приза Деминга присуждает пять следующих премий:

- Для крупных компаний (The Deming Application Prize), которые достигли значительных успехов за счет применения CWQC с использованием статистических методов;
- Для малых предприятий (The Deming Application Prize for Small Enterprise), достигших значительных успехов также за счет применения CWQC с использованием статистических методов;
- Для подразделений (The Deming Application for Devision), отличившихся в применении статистических методов и CWQC;
- Персональная, отдельным лицам или группам (Deming Application Prize for Individual Person), внесшим выдающийся вклад в изучение и/или распространение CWQC, используя статистические методы или изучение и/или распространение статистических методов для CWQC;
- Для зарубежных компаний (The Deming Application Prize for Oversea Companies), внесших выдающийся вклад в развитие и применение CWQC.

Критериями оценки претендующей компании на приз Деминга стали десять ключевых моментов в деятельности претендента:

1. политика и цели.
2. Организация и управление.
3. Образование и его развитие.
4. Управление информацией по качеству.
5. Анализ.
6. Стандартизация.
7. Контроль.
8. Оценка качества.
9. Результат.
10. Планирование.

Национальная премия за качество М. Белдриджа в США была учреждена и утверждена указом президента США Рональда Рейгана в августе 1987 г. Этому предшествовала большая работа по подготовке критериев оценки претендентов на премию. Целью премии было повышение значимости качества в работе американских компаний. В соответствии с требованиями, предъявляемыми к соискателям этой премии, компании, которые ее получают, должны информировать другие компании через публикации и лекции о ходе и результатах своей работы над улучшением качества. Так можно повысить значимость качества в работе американских компаний и

обеспечить распространение знаний об этой области, которые дадут практические результаты для улучшения экономики США. Премия была названа именем Мэлкома Бэлдриджа, который был коммерческим секретарем (Secretary of Commerce) с 1981 г. вплоть до трагической смерти в 1987 г. в результате несчастного случая. Считается, что М. Бэлдридж оказал огромное влияние на улучшение и продуктивность работы правительственной администрации и также способствовал учреждению премии качества по результатам работы. Было решено присуждать премию Бэлдриджа компаниям трех категорий: производственным; сервисным; малого бизнеса, под которыми понимаются производственные или сервисные компании с числом служащих не более 500 человек. В ближайшее время этот список, возможно, пополнится еще двумя категориями: организациями образования и здравоохранения.

Премия Бэлдриджа присуждается не более чем двум компаниям в каждой категории. Премия Бэлдриджа более детализирована по критериям, чем приз Деминга, а системы оценки претендентов различны.

Заявление компании, претендующей на премию Бэлдриджа, рассматривается группой людей из Совета ревизоров, состоящего примерно из 150 экспертов по качеству, представляющих промышленность, правительство и университеты.

Компании, претендующие на премию, должны представить документацию на свою систему качества. Компании, прошедшие первую стадию рассмотрения, подлежат более тщательному рассмотрению на последующих стадиях.

Анализ претендентов на премию Бэлдриджа проводится в соответствии со следующими семью критериями (для каждого критерия в скобках приводится его вес в процентах, данные на 1994 г.):

1. Руководство (10%). Оцениваются успехи высшего руководства (top management) в создании культуры качества внутри компании.

2. Информация и анализ (7%). Оцениваются успехи компании в сборе и анализе информации и аспекты использования этой информации для улучшения качества и планирования качества работы.

3. Стратегия планирования качества (6%). Оцениваются успехи компании в интеграции требований потребителя для улучшения качества работы компании.

4. Человеческие ресурсы (15%). Изучается вопрос о том, насколько успешно компания вовлекает своих служащих в работу по улучшению качества и как их знания и опыт используются компанией.

5. Уверенность в качестве товаров и услуг (14%), обеспечиваемая соответствующим управлением качеством процесса, которое и должно создавать уверенность в качестве товаров и услуг. Оцениваются деятельность компании в достижении хорошего качества всех операций технологического процесса и цель компании в постоянных улучшениях.

6. Результаты качества (18%). Изучаются успехи компании в работе над качеством и его улучшением, оцениваемые соответствующими количественными показателями качества и подтвержденные результатами измерений.

7. Акцент на потребителя и удовлетворения его нужд и пожеланий (30%).

Анализируется вопрос о том, насколько хорошо компания определяет требования потребителей своей продукции и как эти требования удовлетворяются.

Все эти семь критериев составляют важнейшую часть работы любой организации в области качества, при этом акцент делается на предупреждающие (превентивные) действия и непрерывное улучшение.

Приведенный в скобках процентный вес каждого критерия соответствует тому максимальному числу очков, которое могут дать эксперты, участвующие в рассмотрении претендентов на премию Бэлдриджа. Так 10% веса критерия «Руководство» соответствует максимум 100 очкам, которые могут быть присвоены

ревизорами за работу претендента, в то время как удовлетворенность потребителей оценивается максимальным числом очков, равным 300.

Рассмотрение включает в себя изучение представленных претендентами документов на премию Белдриджа и ознакомление группы ревизоров с работой компании внутри и за ее пределами с потребителями. Ревизоры ищут, например, доказательства того, что высшее руководство широко использует «ценности» качества в повседневном управлении; что продукты или услуги претендента являются, по крайней мере, такими же хорошими, как у конкурентов, или лучше; что сотрудники компании обучены статистическим методам и методам совершенствования качества; что компания работает с поставщиками над улучшением качества; что потребители удовлетворены.

Все претенденты получают письменный отчет о результатах работы ревизоров с обязательным указанием сильных и слабых сторон управления качеством у претендента и с предложениями этой группы по улучшению деятельности компании в области качества.

Процесс проведения конкурса может потребовать много усилий, как для рабочих, так и для администрации при существенных затратах компании. Однако участие в конкурсе стимулирует работу компании по улучшению качества. В результате некоторые из участвующих в конкурсе компаний делают гигантские шаги в повышении качества и конкурентоспособности своей продукции.

Каждая компания, претендующая на награду, а не только победители, может в последствии изучить оценку и комментарии. Обратной связью будет то, что точка зрения экспертов (ревизоров) действительно очень важна в непрерывном процессе улучшения качества.

Первая премия Белдриджа была присуждена в 1988 г. В группу производственных компаний, получивших премию, вошла компания «Моторола» и ее 99000 служащих, известная всему миру своими коммуникационными системами и полупроводниковыми приборами. Целью компании, как заявил руководитель Роберт Гэлвин на церемонии присуждения премии, является «нуль дефектов во всем, что мы делаем». Для достижения этой цели компания создала свой центр обучения и потратила более 170 млн. долл. на подготовку своих рабочих по программе улучшения качества в течение 1983 – 1987 гг.

Среди компаний малого бизнеса премия была присуждена компании «Глоб Металлургик Инс.», которая в первой половине 1985 г. провела успешную подготовку руководящего состава в области статистического контроля процесса, а уже к концу года разработала широкомасштабную фундаментальную систему улучшения качества, названную «Качество, эффективность и стоимость» (QEC – Quality, Efficiency and Cost). Цели по улучшения качества были интегрированы в стратегическое планирование, исследования и деятельность. Руководство компании, возглавлявшее систему QEC, ежедневно встречалось со служащими для уточнения и корректировки хода выполнения работ. Тесное взаимодействие всего коллектива в рамках системы QEC дало результаты уже к середине 1987 г. когда компания, насчитывавшая около 200 человек, стала выпускать примерно 100 т высококачественных ферросплавов и кремниевых металлов для более 300 потребителей по самым низким в США ценам.

Однако, как показали результаты конкурсов, многим компаниям США оказались не по плечу требования премии Белдриджа, что свидетельствовало о том, что они еще не перешли в полной мере на работу в условиях TQM, хотя и были сертифицированы. Были даже не однократные случаи (для сервисных компаний), когда ни одному претенденту не была присуждена премия Белдриджа. И только тогда, когда даже всемирно известные и ранее преуспевающие компании почувствовали, что их начинают вытеснять с рынка компании с более конкурентоспособным качеством продукции, они

вынуждены были перейти на работу в условиях TQM. Так американская компания «Ксерокс Бизнес Продукт энд Систем», которая в начале 70-х годов была практически абсолютным монополистом в копировальном бизнесе, уже через десять лет потеряла почти 50% своего рынка, который заняли в первую очередь японские компании. Чтобы исправить создавшееся критическое положение, компания к 1982 г. разработала программу «Руководство через качество» (Leadership Through Quality - LTQ), которая к концу 80-г годов позволила ей вновь занять лидирующее положение на мировом рынке, а в 1989 г. стать одним из победителей премии Бэлдриджа. К этому времени компания удвоила производительность и резко снизила издержки на несоответствие.

Общим для всех победителей конкурса премии Бэлдриджа стало то, что все они концентрировали свои усилия на обучении служащих и предупредительной (превентивной) деятельности. В компании «Ксерокс», например все служащие имели 28 часов общения в решении проблем улучшения качества. На обучение сотрудников компания инвестировала более 125 млн. долл., обращая особое внимание на специально образованные для этого команды улучшения качества, которые получили название «Команда Ксерокс». Результатом создания и дальнейшего развития концепции «Команда Ксерокс» стало то, что 75% всех работающих в компании были включены в постоянно действующие команды улучшения качества. Реализация предложенных этими командами различных превентивных действий позволила компании в 1988 г. сэкономить 115 млн. долл. на исправлении несоответствий, одновременно повысив производительность на 75%.

Наиболее важным эффектом от учреждения премии Бэлдриджа стало то, что многие компании в США при разборе системы качества и дальнейшем ее совершенствовании для конкретных условий своей работы ориентировались на критерии премии Бэлдриджа. О большом интересе к этим критериям говорит хотя бы такой факт, в 1990 и 1991 г. было затребовано 180000 копий критериев оценки претендентов на премию Бэлдриджа, а за этот же период в конкурсе участвовало всего около 100 компаний.

Главное для получения премии Бэлдриджа – удовлетворение потребителя, успехи в бизнесе и конкурентоспособность, увлечение объема продаж и прибыльность.

Во всех компаниях, получивших премию Бэлдриджа, администрация убедительно показала, что качество для нее очень важно и что она сама активно участвует в процессе его улучшения.

Европейская премия за качество (EQA) была учреждена в 1992 г. Европейским фондом управления качеством (The European Foundation for Quality Management - EFQM) при поддержке Европейской организации качества (The European Organization for Quality - EOQ) и Европейской комиссии (The European Commission). Это решение было обусловлено самим ходом развития европейского бизнеса.

В начале 80-х годов европейские компании начали реализовывать свои собственные пути выживания в бизнесе, что привело к огромному вниманию к качеству, которое стало критерием конкурентоспособности. Это не ограничивалось только качеством продукции или услуги. Качество учитывалось и в доставке (логистике), администрировании, сервисе заказчика и других аспектах деятельности компании. Выполняя необходимые требования TQM, большинство компаний в Европе начали деятельность по улучшению своего управления и деловых процессов. Стала очевидной значительная выгода работы в условиях TQM: увеличилась конкурентоспособность, снизились цены, получили большее удовлетворение клиенты и другие заинтересованные стороны.

Признавая необходимость стимулирования дальнейшего развития процесса TQM, четырнадцать ведущих западноевропейских компаний в 1988 г. сформировали

Европейский фонд управления качеством (EFQM). К июлю 1993 г. число членов EFQM возросло до 280.

EFQM способствует улучшению позиции западноевропейских компаний на мировом рынке двумя путями: увеличением числа компаний, воспринявших качество как стратегию для обеспечения преимущества в мировой конкуренции; стимулированием и содействием развитию деятельности компаний, направленной на улучшение качества.

В соответствии со вторым путем EFQM разработал и опубликовал в 1992 г. положение о новом поощрении европейского бизнеса – премии EQA, критерии которой базируются на модели деятельности компании, в наибольшей степени соответствующей модели TQM для Западной Европы. Чтобы получить награду, претендент за последние несколько лет должен продемонстрировать, что его подход к TQM способствует удовлетворению запросов потребителей, служащих и других заинтересованных сторон, а применяемая им модель направлена на продолжение улучшения.

Первая награда была вручена в Мадриде в 1992 г. европейскому отделению американской фирмы «Ксерокс – Ранк Ксерокс Лимитед», которая насчитывает около 28000 служащих и имеет свои производства в Испании, Франции и Нидерландах.

Претенденты на EQA оцениваются по девяти критерия с различными весовыми значениями. Все эти критерии могут быть условно разбиты на две группы, одна из которых характеризует возможности компании, а другая – результаты ее бизнеса.

К первым относятся:

- Руководство, т.е. роль всех руководителей в продвижении компании к TQM;
- Управление людьми, учитывающие не столько методы и формы управления работниками компании, сколько отношение сотрудников к своей компании;
- Политика и стратегия, которые оцениваются видением компанией своих целей, понятиями ценностей для нее и направлением развития, а, следовательно, путями достижения поставленных целей;
- Ресурсы – управление, применение и сохранение финансовых, информационных и технологических ресурсов;
- Процессы – управление всевозможной деятельностью внутри компании, при которой повышается ценность ее продукции.

Результаты деятельности компании оцениваются степенью:

- Удовлетворения потребителя, которое оценивается восприятием внешним потребителем (прямым и косвенным) как самой компании, так и ее продукции или сервиса;
- Воздействие на общество, оцениваемого тем, как общество воспринимает компанию в целом, т.е. мнение различных людей и организации на роль компании в обеспечении качества жизни людей, соприкасающимися с результатами ее работы, в сохранении окружающей среды, включая ресурсы мирового масштаба;
- Деловых результатов (результатов бизнеса), оцениваемых степенью соответствия фактических результатов бизнеса компании запланированных ею к исполнению.

Основная идея оценочной модели EQA состоит в том, что удовлетворение покупателей и рабочих, а также влияние на общество обеспечивается лидерством политики и стратегии, управление персоналом, ресурсами и процессами, приводящим, в конце концов, к выдающимся результатам в бизнесе.

Девять критериев, используемых в модели, разделены на две группы: критерии результатов и критерии возможностей.

Критерии результатов описывают, что компания достигла в настоящий момент, а критерии возможностей – средства, с помощью которых компания управляет своими рабочими для получения результатов. Другими словами, возможности компании – это процессы и люди, обеспечивающие ей получение результатов.

С 1994 г. EQA включает:

Европейскую награду за качество (The European Quality Award), которой удостоивается наиболее успешный исполнитель TQM в Западной Европе. Награда находится у победителя в течение одного года;

Европейские призы за качество (The European Quality Prizes), присуждаемые тем компаниям, которые продемонстрировали выдающееся мастерство в управлении качеством.

Для участия в конкурсе на EQA каждый кандидат направляет в EFQM заявку с соответствующим приложением, составленный по установленной форме, что позволит компания оценить свой уровень с позиции TQM. При этом компания для обоснования своей спецификации применения TQM, позволяющей претендовать на награду, вынуждена тщательно анализировать, в какой мере положения TQM задействованы на каждом уровне организации по вертикали и во всех сферах деятельности компании по горизонтали. Помимо этого проведение самооценки (с привлечением экспертов) позволяет компании взглянуть со стороны на ключевые моменты стратегии бизнеса и программу по усовершенствованию своей деятельности. Поэтому, как правило выгода от самооценки превышает затраты компании на подготовку документов, представляемых для участия в конкурсе. Более того, факт подачи заявки для участия в конкурсе может быть полезным для сосредоточения усилий всего персонала на улучшении качества как пути к процветанию бизнеса. После оценки приложения конкурсным комитетом компания получает отчет, показывающий как ее сильные стороны, так и области деятельности, подлежащие дальнейшему совершенствованию в управлении качеством. В этом также заключается положительный эффект участия в конкурсе EQA.

Процесс оценки претендента на премию EQA производится командой из шести экспертов, каждый из которых предварительно прошел специальную подготовку. В качестве экспертов используются ученые университетов и профессионалы в области качества из числа опытных менеджеров западноевропейских фирм.

На базе начальной оценки жюри, выявившее наиболее перспективных претендентов, принимает решение об их посещении, чтобы на месте получить ответы на возникшие вопросы и подтвердить соответствие представленных в документах данных действительности. При этом эксперты беседуют с сотрудниками компании и на практике проверяют процессы, определяющие качество.

После окончательного решения жюри компаниям, подтвердившим наилучшее применение TQM, вручаются призы EQA на форуме европейского управления качеством (EFQM). Победителем объявляется лучшая компания Западной Европы в текущем году, продемонстрировавшая наиболее успешное практическое применение TQM в конкретных для данной компании условиях. Ей предоставляется возможность использовать знак награды EQA в рекламных целях, например, в качестве образцового поставщика.

Представители награжденной компании делятся опытом по использованию TQM на конференциях и семинарах, организуемых EFQM, что служит отличной рекламой для их фирмы. Результатом становится приток новых покупателей и расширение возможностей для бизнеса.

Однако следует подчеркнуть, что всё без исключения компании, участвующие в конкурсе, оказываются в выигрыше, и в первую очередь за счет того, что они вынуждены проводить самооценку с оглядкой на комитет по присуждению награды.

Процесс самооценки качества очень полезен для любой компании, желающей развиваться и демонстрировать свой уровень качества. Этот процесс систематического пересмотра и контроля состояния компании – один из наиболее важных видов управленческой деятельности для любой системы Всеобщего Управления Качеством.

Самооценка позволяет компании четко локализовать свои сильные стороны и сферы совершенствования, фокусируясь на взаимоотношениях между людьми, процессами и результатами. В организации понимающей значение качества, самооценка может идеально выполнять функции регулирования её деятельности. Приложения к заявке на премию первым делом требует самооценки, так что компания не составляет трудностей использовать собственные исследования в модели, на которой основано присуждение премии.

Национальные награды за качество создают благоприятные условия для:

- Привлечение внимания государственных структур к стратегической роли качества: правительства, финансовых учреждений, ассоциации управления и т.п.;
- Подключение прессы;
- Стандартизация и сертификация;
- Появление консалтинговых центров и лидирующих национальных организаций.

Вот почему наряду с рассмотренными престижными международными наградами за качество многие страны мира имеют национальные призы.

Премия Правительства Российской Федерации в области качества была учреждена Постановлением Правительства Российской Федерации от 12 апреля 1996 г. №423, что стало результатом масштабного комплекса работ отечественных специалистов по изучению и обобщению зарубежного опыта в области управления качеством и совершенствовании методов его обеспечения.

Ежегодно, начиная с 1997 г., на конкурсной основе за достижение организацией значительных успехов в области обеспечения безопасности и качества продукции или услуг, а также за внедрение организацией высокоэффективных методов управления качеством присуждается не более 12 премий.

Присуждение премии оформляется постановлением Правительства Российской Федерации, и публикуются в средствах массовой информации ко дню проведения Всемирного дня качества (второй четверг ноября), в рамках которого проводится церемония премирования.

В качестве премии организациям-лауреатам вручают приз с эмблемой премии и диплом.

В конкурсе на право получения премии все организации принимают участие на добровольной основе. Они самостоятельно решают, проводить ли самооценку своей деятельности на соответствие критериям присуждения премии, подавать ли заявку и оформлять ли документ в соответствии с установленными требованиями.

Критерии присуждения премии регламентируются Руководством для участников конкурса, утверждаемым ежегодно Советом по присуждению премии Правительства Российской Федерации в области качества, который формируется из числа руководителей федеральных органов исполнительной власти, ведущих ученых и специалистов в области управления качеством, представителей общественных организаций. Персональный состав утверждается правительством и пересматривается через каждые три года. Организационно техническое обеспечение деятельности Совета осуществляет Госстандарт России.

Организации, желающие участвовать в конкурсе, подают заявку установленного образца. Совет направляет указанным организациям Руководство для участников конкурса, в соответствии с которым организации представляют на конкурс необходимые материалы.

В Руководстве изложены основные принципы Российской премии по качеству, порядок подачи заявок, проведение анализа представленных заявителем документов, критерии и методы самооценки конкурсантами работы в области качества, процедуры награждения.

Модель оценки организации, претендующие на Российскую премию в области качества, включает девять критериев, которые дают возможные направления (совершенствования) деятельности организации и ориентиры для ее улучшения. Различают две группы таких критериев. Первая группа, состоящая из пяти критериев, характеризует возможности организации добиться результатов в области качества; вторая, состоящая из четырех критериев – результаты, достигнутые организацией.

Содержание составляющих критериев заключается в следующем.

Критерии возможностей

1. Роль руководства в организации работ:

- Как и в какой степени, руководство демонстрирует свою приверженность культуре качества;
- Как и в какой степени, руководство содействует процессам улучшения качества, обеспечивая персоналу помощь и выделяя ресурсы;
- Как и в какой степени, руководство участвует в работе с потребителями, поставщиками и другими организациями;
- Как и в какой степени, руководство оценивает и поощряет усилия и достижения персонала.

2. Использование потенциала работников:

- Как планируется и совершенствуется работа с персоналом;
- Как поддерживаются, развиваются способности, и повышается квалификация работников;
- Как и в какой степени обеспечивается согласование целей отдельных работников, групп и организации в целом;
- Как поощряются и признаются инициатива и участие персонала в совершенствовании работы по качеству;
- Как происходит обмен информации между разными категориями работников и руководителей;
- Как обеспечивается социальная защита работников.

3. Планирование в области качества:

- как и в какой степени осуществляется планирование работ на основе разносторонней информации о качестве;
- каким образом оно осуществляется;
- Как и в какой степени, цели организации доводятся до подразделений и персонала;
- Каким образом обеспечиваются регулярный анализ и корректировка планов и целей организации.

4. Рациональное использование ресурсов:

- Как осуществляется управление финансовыми ресурсами;
- Как осуществляется управление информационными ресурсами;
- Как осуществляется управление закупками;
- Как осуществляется управление зданиями, оборудованием и другим имуществом;
- Как осуществляется управление интеллектуальной собственностью и использованием технологии.

5. Управление технологическими процессами и процессами выполнения работ:

- Как определяются технологические процессы управления, наиболее важные для результатов работы организации, и как оценивается их влияние;
- Как осуществляется систематическое управление процессами;
- Как осуществляется анализ процессов, и учитываются цели по их совершенствованию;
- Как совершенствуются процессы, основанные на нововведениях и использовании творческой активности работников;

- Как вносятся изменения в процессы, и оценивается их эффективность.
Критерии результатов
- 6. Удовлетворенность потребителей:
 - Как потребители воспринимают организацию, ее продукцию и услуги;
 - Как сама организация оценивает удовлетворенность потребителей ее деятельностью и продукцией.
- 7. Удовлетворенность персонала работой в организации:
 - Как персонал оценивает свою удовлетворенность работой в фирме;
 - Как сама фирма оценивает удовлетворенность персонала.
- 8. Влияние организации на общество:
 - Как общество воспринимает деятельность организации;
 - Как сама организация оценивает свое воздействие на общество.
- 9. Результаты работы организации:
 - Финансовые показатели работы организации;
 - Результативность процессов.

В соответствии с правилами участия в конкурсе каждая организация представляет в конкурсную комиссию отчет с описаниями своих достижений по каждому критерию.

Критерии и их составляющие не носят характера обязательных однозначных требований, которые надо выполнять буквально. Работники организации, проводящие самооценку, могут представлять в своем отчете такую информацию, которая, по их мнению, в большей степени соответствует содержанию критерия применительно к особенностям организации. Дополнительную информацию об областях деятельности организации, которые могут подходить под содержание составляющих каждого критерия, можно найти в Руководстве по самооценке.

Информация, отдельно по каждому критерию, должна быть сжатой, выразительной и содержать фактический материал.

Для критериев, характеризующих возможности организации, информация в отчете должна касаться двух аспектов:

- Форм и методов работы, систематичности их применения в рамках их деятельности, которую характеризует критерии. Этот аспект оценивается экспертами как совершенство подхода;
- Широты применения в организации указанных форм и методов работы в вертикальном разрезе – по уровням управления, и в горизонтальном – по подразделениям и областям деятельности организации. Этот аспект оценивается экспертами как полнота подхода.

Для критериев, характеризующих результаты, информация должна содержать показатели, которыми организация оценивает свои результаты, и тенденции их изменения, желательно за последние 3 года. Тенденции изменения фактически достигнутых показателей следует сопоставить с тем, что планируется. Там, где возможно, следует сравнить свои показатели с аналогичными показателями других организаций. Такая информация оценивается экспертами как достижение целей. Кроме того, следует указать, насколько приведенные показатели охватывают различные направления деятельности организации. Данная информация оценивается экспертами как полнота охвата направлений деятельности.

Информацию о результатах целесообразно иллюстрировать графиками, диаграммами, также краткими комментариями, которые позволят понять важность и особенности представленных количественных данных. Финансовые результаты следует представлять в относительных единицах, а не в абсолютных – по соображениям конфиденциальности информации.

При составлении отчета необходимо учитывать весомость критериев, а также то, что составляющие каждого критерия (например, 1а, 1б, 1в, 1г) имеют одинаковый вес,

за исключением критериев 5, 6, 7 и 8, в которых баллы распределены следующим образом: 5а – 30 баллов, 5б – 25 баллов, 5в – 25 баллов, 5г – 25 баллов, 5д – 26 баллов; 6а – 135 баллов, 6б – 25 баллов, 7а – 65 баллов, 7б – 25 баллов, 8а – 15 баллов, 8б – 45 баллов.

Оценка конкурсантов проводится группой экспертов во главе с ведущим экспертом и выражается числом баллов по каждому критерию и их суммой.

Группа критериев возможностей учитывает совершенство подхода и его полноту.

В первом случае анализируется: насколько обоснованы применяемые методы и формы работы, относящиеся к определенному критерию; насколько полно они применяются; насколько они нацелены на предупреждение ошибок; с какой периодичностью они используются; внедряются ли улучшения; в какой степени внедряемые передовые подходы интегрированы в рабочие процессы.

Во втором случае анализируется: насколько широко применяются методы и формы работы, относящиеся к определенному критерию, в том числе: на разных уровнях управления организацией; в разных подразделениях и областях деятельности: применительно к соответствующим процессам; применительно к соответствующим видам продукции и услуг.

Группа критериев результатов учитывает значения достигнутых показателей, т.е. достижение целей по полноте охвата этими показателями различных направлений деятельности организации: позитивные тенденции или стабильность высоких значений показателей; сравнение с планировавшимися целями; сравнение с показателями других организаций, включая конкурентов и лучшие организации; доказательство того, что результаты обусловлены применяющимися подходами. При оценке полноты охвата направлений деятельности обращают внимание: насколько представленные показатели охватывают все соответствующие направления деятельности организации; насколько полно они учитывают результаты, относящиеся к каждому отдельному критерию; насколько они характерны для организации.

Однако хорошие результаты не всегда означают положительные тенденции. Например, удержание сегмента рынка или объема продаж на постоянном уровне в период общего спада производства можно рассматривать как хороший результат. В таких случаях организация, участвующая в конкурсе, должна представить эксперту соответствующее объяснение.

Поощряется сравнение с другими организациями (конкурентами или лучшими), но оно не всегда возможно или имеет смысл. Это часто может быть отнесено, например, к финансовым показателям.

При проведении конкурса на соискание премии имеются организации на право участия. На премию могут претендовать организации различных форм собственности, занимающиеся производством товаров и услуг (за исключением производства вооружений и военной техники). Организация или ее филиал имеют право на участие в конкурсе только в том случае, если их практическая деятельность в области совершенствования качества осуществляется в России.

Право на участие в конкурсе имеет филиал организации, если по крайней мере 50% всей выпускаемой им продукции и (или) услуг (в рублях) свободны от непосредственного контроля материнской организации. Например, не допускается к участию в конкурсе, если его материнская организация или другой филиал являются потребителем более половины его продукции и (или) услуг.

Результаты работы организации в области качества, представляемые на конкурсе, принимаются к рассмотрению при условии, что они реализованы на практике не позднее, чем за год до объявления конкурса.

Филиал и его материнская организация не могут претендовать на премию одновременно. Только один филиал организации может подавать заявку на участие в

конкурсе в той же категории претендентов. Филиал, претендующий на участие в конкурсе, должен соответствовать следующим требованиям:

- Существовать не менее двух лет до подачи заявки;
- Иметь четко определенную организационную структуру, отраженную в документации, например, в организационных схемах, годовых отчетах и т.п.

Получив премию, организация и все ее филиалы на пять лет лишаются права участия в конкурсе.

Все организации, принявшие участие в конкурсе, получают оценку деятельности в области качества и рекомендации по ее совершенствованию.

Учреждение Российской премии в области качества и участие предприятий промышленности и сферы услуг в конкурсах на право ее получения, несомненно, активизируют работу по качеству в стране.

4. Статистические методы контроля качества

4.1. Задачи контроля качества продукции

Контроль – это мероприятия, включающие проведение измерений, испытаний, проверку одной или нескольких характеристик изделия или услуги и их сравнение с установленными требованиями с целью установления соответствия.

Технический контроль осуществляется на всех стадиях жизненного цикла изделия.

На стадии проектирования изделия – задачей технического контроля является проверка правильности выбора и определения показателей качества продукции, их соответствия современным научно-техническим достижениям и принимаемым техническим решениям, а также выполнения всех требований стандартов и другой нормативно-технической документации.

На стадии производства изделия – технический контроль сводится к контролю качества и состояния технологического процесса. На этом этапе он должен обладать высокой достоверностью.

Производственный контроль охватывает все вспомогательные, подготовительные и технологические операции.

Под контролем качества продукции понимают проверку соответствия показателей качества продукции установленным требованиям

На стадии эксплуатации изделия – задачами технического контроля являются: проверка соответствия показателей качества изделия требованиям нормативно-технической документации (НТД) при транспортировании, хранении и эксплуатации; проверка соответствия показателей качества изделия требованиям НТД после ремонта.

4.2. Виды контроля качества

Технический контроль – это проверка соответствия объекта установленным техническим требованиям.

Объектом технического контроля могут быть изделия, процессы их создания, применения, транспортировки, хранения, технического обслуживания и ремонта, а также соответствующая техническая документация.

Классификация видов технического контроля по различным признакам приведена в таблице 4.1.

Классификация видов технического контроля

Признак классификации	Виды контроля
Цель контроля	Контроль качества продукции Контроль функционирования (работоспособность) Контроль технического состояния (параметрический, функциональный)
Контроль	Диагностический контроль Прогнозирующий контроль
Стадии жизненного цикла	Производственный контроль Эксплуатационный контроль
Стадии производственного процесса	Входной контроль Операционный контроль Приемочный контроль
Полнота охвата контролем	Сплошной контроль Выборочный контроль
Характер контроля	Инспекционный контроль Летучий контроль
Средства контроля	Измерительный контроль Регистрационный контроль Органолептический контроль Визуальный контроль Технический осмотр Контроль по контрольному образцу
Влияние на изделие	Разрушающий контроль Неразрушающий контроль
Контролируемый параметр	Контроль по количественному признаку Контроль по качественному признаку Контроль по альтернативному признаку Допусковый контроль
Периодичность во времени	Непрерывный контроль Периодический контроль
Принимаемые решения	Пассивный контроль Активный контроль
Степень участия человека	Ручной контроль Полуавтоматический контроль Автоматический контроль
Использование статистических методов	Статистический контроль качества Статистический непрерывный контроль Статистический приемочный контроль качества продукции Одноступенчатый контроль Двухступенчатый контроль Многоступенчатый контроль Последовательный контроль

В зависимости от стадии производственного процесса различают: входной контроль, операционный контроль, приемочный контроль.

Входной контроль – контроль продукции поставщика, поступившей к потребителю или заказчику и предназначенной для использования при изготовлении, ремонте или

эксплуатации продукции. Это контроль сырья, материалов, полуфабрикатов, комплектующих изделий и др.

Операционный контроль – контроль продукции или процесса во время выполнения или после завершения технологической операции.

Приемочный контроль – контроль продукции, по результатам которого принимается решение о ее пригодности к поставкам и (или) использованию.

По полноте охвата изделий контролем различают сплошной контроль, выборочный контроль, выборочный контроль с разбраковыванием.

Сплошной контроль – это контроль каждой единицы продукции.

Выборочный контроль – контроль, при котором решение о качестве контролируемой продукции принимается по результатам контроля нескольких выборок или проб из партий или потока продукции.

Выборка – это изделие или определенная совокупность изделий, отобранных для контроля из партии или потока продукции.

Проба – определенное количество нештучной продукции, отобранное для контроля.

По характеру контроля различают инспекционный и летучий контроль.

Инспекционный контроль – контроль, осуществляемый специально уполномоченными лицами с целью проверки эффективности ранее выполненного контроля. Это контроль уже проконтролированной отделом технического контроля продукции, из которой исключен брак.

Летучий контроль – контроль, проводимый в случайное время, выбираемое в установленном порядке. Он также носит инспекционный характер, но может быть распространен на весь ход технологического процесса и конструкторскую документацию.

По средствам контроля существуют следующие виды технического контроля.

Измерительный контроль – контроль, осуществляемый с применением средств измерений. Он состоит в том, что на вход (или на одну из цепей) объекта контроля ОК (рис. 4.1) подается сигнал от источника измерительного сигнала (ИИС) и на выходе (или в другой цепи) измеряется требуемая величина измерительным прибором (ИП).

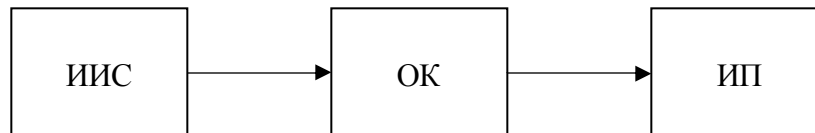


Рис. 4.1. Структурная схема контроля по измерительному прибору

Достоинством этого метода является то, что в процессе контроля определяется значение параметра изделия. Однако при использовании этого метода требуются источники измерительного сигнала высокой стабильности и контролеры высокой квалификации;

Регистрационный контроль – контроль, при котором регистрация значений контролируемых параметров продукции или процесса регистрируются.

Органолептический контроль – контроль, при котором первоначальная информация воспринимается органами чувств.

Визуальный контроль – органолептический контроль, осуществляемый органами зрения. Визуальный контроль позволяет обнаружить поверхностные дефекты, несоответствие изделия конструкторской документации.

Технический осмотр – контроль, осуществляемый в основном органами чувств и, в случае необходимости, средствами контроля, номенклатура которых установлена соответствующей документацией.

Контроль по контрольному образцу заключается в том, что параметр объекта контроля сравнивается с параметром такого же изделия, но предварительно проверенного и принятого за образец (рис. 4.2).

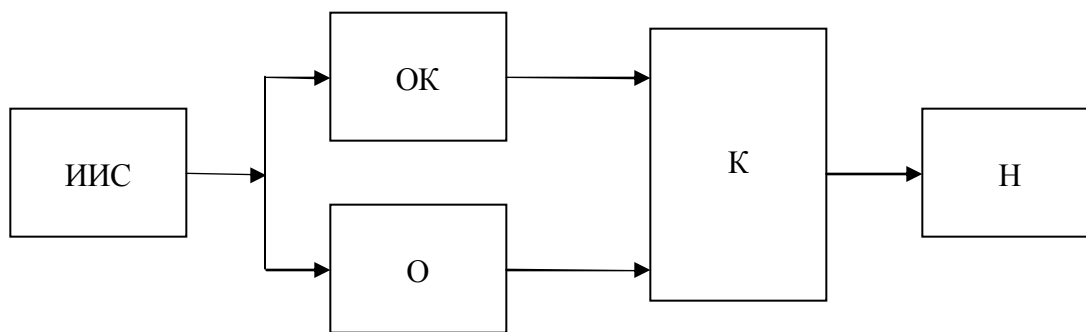


Рис. 4.2. Контроль по контрольному образцу

На входы объекта контроля (ОК) и образца (О) подается один и тот же измерительный сигнал от источника измерительного сигнала ИИС. Выходы обоих изделий подключаются к входам устройства сравнения – компаратора (К), на выходе которого включен нуль–индикатор (И). Выходное напряжение компаратора пропорционально разности выходных параметров ОК и О. Требования к стабильности измерительного сигнала ниже, чем при контроле по измерительным приборам.

По влиянию на изделие контроль может быть разрушающим и неразрушающим.

Разрушающий контроль делает продукцию непригодной для дальнейшего использования и, как правило, он связан со значительными затратами. Результаты его характеризуются определенной степенью недостоверности.

Неразрушающий контроль – это контроль качества продукции, который не должен нарушать ее пригодность к использованию. Ведущую роль среди средств неразрушающего контроля продукции играют приборы и установки, использующие в качестве носителя информации ионизирующее и оптическое излучение, электромагнитные волны радиодиапазона, тепловые и температурные поля контролируемых изделий.

В зависимости от контролируемого параметра различают контроль по количественному, качественному и альтернативному признакам, а также допусковый контроль.

Контроль по количественному признаку – это контроль качества продукции, в ходе которого определяют значения одного или нескольких ее параметров, а последующее решение о контролируемой совокупности принимают в зависимости от этих значений.

При контроле по количественному признаку определяют конкретные числовые значения важнейших параметров изделий. При контроле некоторого числа однотипных изделий контролируемые значения одних и тех же параметров будут меняться. Причем эти изменения могут носить как систематический, так и случайный характер.

При систематических изменениях контролируемых параметров нужно определить причины их появления и путем воздействия на технологический процесс устранить такого рода отклонения.

Случайные изменения контролируемых параметров лежат обычно в определенных границах.

Контроль по качественному признаку – это контроль качества продукции, в ходе которого каждую проверяемую единицу относят к определенной группе, а последующее решение о контролируемой совокупности принимают в зависимости от соотношения числа ее единиц, оказавшихся в разных группах.

При контроле по качественному признаку определяют, укладывается ли контролируемый параметр в заданный допуск. Если это условие обеспечивается, изделие считается годным, а в противном случае дефектным.

Контроль по альтернативному признаку – это контроль по качественному признаку, в ходе которого каждую проверенную единицу продукции относят к категории годных или дефектных, а последующее решение о контролируемой совокупности принимают в зависимости от числа обнаруженных в выборке или пробе дефектных единиц продукции или дефектов, приходящихся на определенное число единиц продукции.

Контроль по альтернативному признаку является частным случаем контроля по качественному признаку, когда совокупность изделий состоит из двух групп: годной и дефектной.

Допусковый контроль – это контроль, устанавливающий факт нахождения действительного значения параметра относительно его предельно допустимых значений без измерения значения параметра.

По периодичности во времени различают контроль непрерывный и периодический,

Непрерывный контроль – это такой контроль, при котором поступление информации о контролируемых параметрах происходит непрерывно. (Например, в гибких производственных системах).

Периодический контроль – это такой контроль, при котором поступление информации о контролируемых параметрах происходит через установленные интервалы времени.

По принимаемым решениям контроль можно разделить на два вида: пассивный и активный.

Активный контроль позволяет установить причину появления тех или иных отклонений значений параметров электронной аппаратуры от нормы, т. е. он позволяет принимать решения по улучшению качества продукции. Сущность контроля сводится к осуществлению двух основных этапов: первый этап – получение информации о фактическом состоянии изделия. Это первичная информация. Второй этап – сопоставление первичной информации с заранее установленными нормами, критериями, т. е. обнаружение соответствия или несоответствия фактических данных требуемым. Информацию о рассогласовании фактических и требуемых данных можно назвать вторичной.

Вторичная информация используется для выработки соответствующих управляющих воздействий. В этом смысле контроль активен. Кроме того, в той или иной степени контроль должен быть профилактическим, поскольку вторичная информация может использоваться для совершенствования разработки, производства и эксплуатации продукции, для повышения ее качества. Однако принятие решений на основе анализа вторичной информации, выработка управляющих воздействий уже не является частью контроля. Это следующий этап управления, основанный на результатах контроля. Технический контроль – часть процесса управления.

По степени участия человека в контрольных операциях различают ручной, полуавтоматический и автоматический контроль. Степень участия человека отражает коэффициент автоматизации контрольно-измерительных операций Q , который можно оценить как отношение времени, затраченного на ручные операции t_p , ко всему времени контроля t_k , т. е.

$$Q = t_p/t_k.$$

К автоматическим устройствам контроля относятся обычно такие, для которых коэффициент автоматизации составляет 2–5%, для полуавтоматических – 5–50%, для ручных от 50% и выше. Статистический контроль качества – это такой контроль, при котором используются статистические методы.

4.3. Области применения статистических методов анализа и контроля

Статистические методы анализа и контроля качества продукции основываются на теории вероятностей и математической структуре. Идея применения теории вероятностей и

математической статистики для управления качеством продукции была впервые высказана академиком В. М. Остроградским в 1846 году. Сущность предлагавшихся им методов заключалась в том, что о генеральной характеристике исследуемой партии изделий судят по выборочным характеристикам, определяемым по малой выборке из этой партии. *Выборкой* называют изделие или определенную совокупность изделий, отобранных для контроля из партии или потока продукции. Пусть имеем некоторое распределение случайной величины X с плотностью вероятностей $f(x)$. Полную совокупность случайных величин X называют *генеральной совокупностью*. Числовые характеристики распределения генеральной совокупности называют *генеральными характеристиками*. Данные, полученные по выборке, называют *оценками*. Они служат основой для принятия решений о характеристиках генеральной совокупности.

На рис. 4.3 показаны отношения между генеральной совокупностью, выборкой и данными, полученными из выборки.

Теория статистических методов управления качеством была рассмотрена в лабораториях А. Н. Колмогорова, Ю. К. Беляева, Б. Г. Гнеденко, Д. Химмельблау, Б. Хансена и других. Основные области применения статистических методов анализа и контроля качества приведены на рис. 4.4.

Статистический анализ точности и стабильности технологического процесса – это установление статистическими методами значений показателей точности и стабильности технологического процесса и определение закономерностей его протекания во времени.

Статистическое регулирование технологического процесса – это корректировка значений параметров технологического процесса по результатам выборочного контроля контролируемых параметров, осуществляемая для технологического обеспечения требуемого уровня качества продукции.

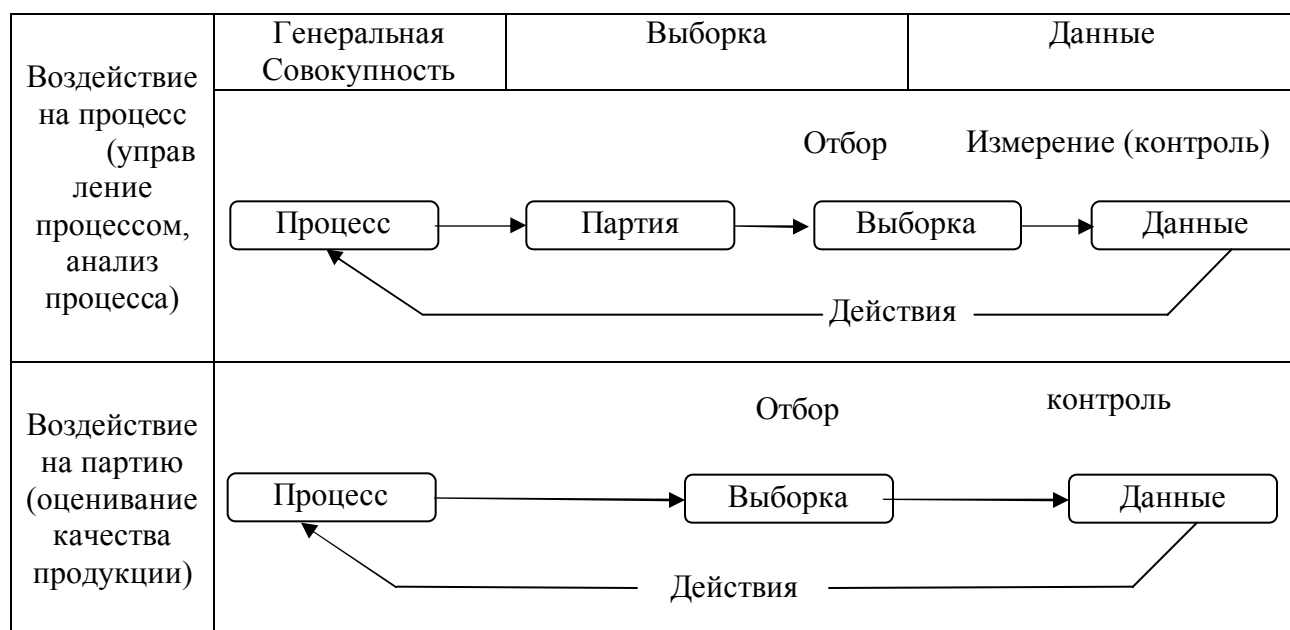


Рис. 4.3. Отношение между генеральной совокупностью, выборкой и данными



Рис. 4.4. Основные области применения статистических методов для анализа и контроля качества

Статистический приемный контроль – это выборочный контроль, основанный на применении методов математической статистики для проверки соответствия качества продукции установленным требованиям и принятия решения. *Статистические методы оценки качества продукции* – это методы, при которых значения показателей качества продукции определяют с использованием правил математической статистики.

4.4. Виды выборок и методы их отбора

Существуют следующие виды выборок. **Мгновенная выборка** – это выборка из потока продукции, которую составляют изделия, произведенные последними к моменту отбора, в течение достаточно короткого интервала времени. **Объединенная выборка** – это выборка, состоящая из серии мгновенных выборок. **Случайная выборка** – это выборка, при составлении которой для каждого изделия контролируемой совокупности обеспечивают одинаковую вероятность его отбора. **Преднамеренная выборка** – это выборка, в которую изделие отбирается с определенной тенденцией попадания дефектных изделий. **Систематическая выборка** – это выборка, попадание изделия в которую обуславливается его номером или положением в заранее упорядоченной контролируемой совокупности. **Расслоенная выборка** – это выборка, в которую изделия выбирают в заданных количествах из определенных частей контролируемой совокупности с тем, чтобы выборочные характеристики этих частей определять отдельно. Интервал времени между моментами отбора смежных выборок из потока продукции называется *периодом отбора*. Существует три метода отбора изделий в выборку: *метод случайного отбора, метод наибольшей объективности и метод систематического отбора*. Для обеспечения случайного отбора изделий в выборку используют таблицы случайных чисел. Это исключает систематические ошибки отбора, обеспечивает независимость и равную вероятность попадания изделий в выборку. Метод наибольшей объективности применяется в том случае, когда дефектные изделия можно определить визуально. Необходимо стремиться, независимо от субъективной оценки контролеров, включать в выборку единицы продукции из разных частей контролируемой совокупности. В случае систематического отбора изделия отбирают в выборку через определенные интервалы в определенном количестве. В японской промышленности используют объем выборки $n = 2$. Выборка состоит из двух изделий: первого и последнего в партии. При стабильном процессе по замерам параметров первого и последнего изделий можно судить о качестве всей партии. Если первое и последнее изделия хорошего качества, значит, процесс стабилен (т. е. инструмент не изношен, не возникает

никакой другой систематической погрешности в работе оборудования), все изделия партии хорошего качества.

4.5. Семь инструментов контроля качества

При управлении качеством используются статистические методы. Японские ученые отобрали семь инструментов контроля качества из всего множества статистических методов.

Эти методы обеспечивают простоту, наглядность, эффективность при использовании. Их можно понять и эффективно использовать без специальной математической подготовки. Семь инструментов контроля качества составляют следующие статистические методы:

- контрольный листок;
- гистограмма;
- диаграмма Парето;
- расслоение данных (стратификация);
- диаграмма Исикавы (причинно-следственная диаграмма);
- диаграмма разброса (поле корреляции);
- контрольная карта.

По мнению японского ученого Исикавы, семь инструментов контроля качества помогают решать 95% проблем, возникающих на производстве.

Семь простых статистических методов контроля – это инструменты познания. Основное их назначение – контроль протекающего процесса и предоставление участникам процесса фактов для корректировки и улучшения процесса. Статистические методы – одна из важных составляющих TQM.

Статистические методы контроля качества в настоящее время применяются не только в производстве, но и в планировании, проектировании, маркетинге, материально-техническом снабжении и т. д.

4.6. Статистический ряд и его формирование при управлении качеством

Значения параметров качества изделий выборки представляют собой статистический материал, подлежащий обработке. Большинство величин, с которыми приходится иметь дело, известно с некоторой погрешностью, вызванной неточностью измерения и расчета. Поэтому эти величины являются случайными (СВ). Предположим, что имеются результаты наблюдений над случайной величиной.

$$X_1, X_2, \dots, X_n,$$

где n – объем выборки.

Эти величины, расположенные в порядке их получения, называются *простой выборкой*, или *статистическим рядом*.

Количество элементов выборки называют ее *объемом*.

Выборка должна иметь достаточный для ее исследования объем, или, как говорят, должна быть представительной. Так, для нахождения закона распределения СВ необходимо иметь не менее нескольких десятков значений.

Если элементы выборки записать в порядке возрастания, то полученная последовательность называется *вариационным рядом*. Такая форма представления выборки значительно удобнее для последующей обработки.

Если объем выборки большой, ее обработка становится трудоемкой. В этом случае данные предварительно группируют и при расчетах используют *сгруппированную выборку*.

Для этого из выборки выбирают минимальное x_{min} и максимальное x_{max} значения и определяют *размах варьирования* R , который разбивают на k интервалов: $R = x_{max} - x_{min}$.

Однозначного разбиения размаха варьирования на интервалы не существует. Интервалы могут быть как равными по величине, так и различными. Но при этом важно помнить, что группировка выборки, конечно, огрубляет исходную информацию, т. к. после этого про элемент известно только к какому из интервалов он принадлежит. Чем длиннее интервалы, тем значительнее огрубление. Поэтому, по возможности, нужно стремиться к тому, чтобы интервалов было побольше. С другой стороны, в каждом интервале должно содержаться не менее 6 элементов. И если при разбиении в некоторых интервалах оказалось меньше элементов, нужно объединить их с соседними. Если значения выборки распределены неравномерно, целесообразно выбирать интервалы разной длины – более длинные на участке редкого расположения значений.

В качестве первоначального разбиения может быть рекомендован, например, следующий подход:

$$k=1+3.3\lg n. \quad (4.1)$$

Иногда разбиение производят из предположения, чтобы в интервал попало в среднем не менее 10 значений, тогда

$$k=0.1n-1.$$

При этом средние точки полученных интервалов называют *представителями интервалов*.

$$x'_i = \frac{(x_{i+1} - x_i)}{2}.$$

Для каждого i -го интервала (x_i, x_{i+1}) подсчитывают *частоту* – число n_i значений СВ, попавших в этот интервал, а также *относительную частоту*

$$p_i^* = \frac{n_i}{n}$$

и *плотность относительной частоты*

$$f_i^* = \frac{n_i}{n \cdot (x_{i+1} - x_i)}. \quad (4.2)$$

Геометрической иллюстрацией сгруппированной выборки служит *гистограмма*, которая строится из прямоугольников, основаниями которых служат интервалы, а высоты равны соответствующим плотностям относительных частот. Кроме того, иногда строят *полигон*. Для этого по горизонтальной оси, как и в гистограмме, откладываем интервалы, а из середины интервалов – значения плотностей относительных частот f_i^* . Полученные точки соединяем ломаной линией. В литературе встречается и другое определение полигона, когда по оси ординат откладывают частоты n_i

Примеры гистограммы и полигона представлены на рис.3.14.

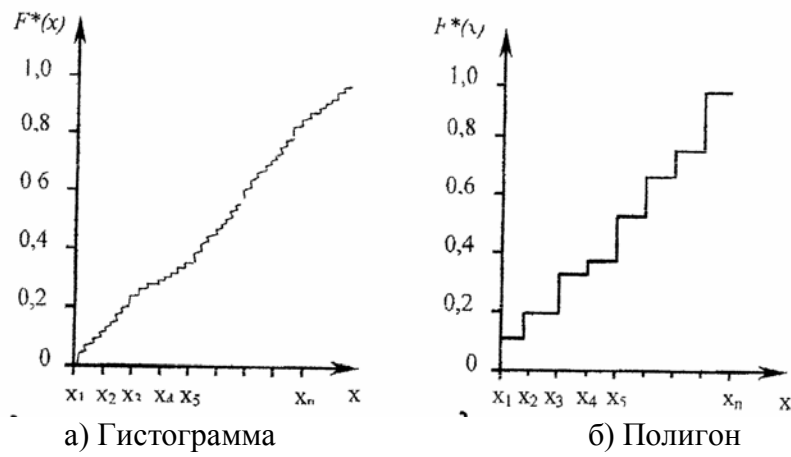


Рис. 4.5. Примеры гистограммы и полигона

Отметим некоторые свойства гистограммы. Общая площадь гистограммы равна единице, т. е. $\sum f_i^* = 1$.

Если объем выборки устремить к бесконечности, а величину интервала к нулю, гистограмма будет стремиться к кривой плотности распределения вероятности (ПРВ).

Таким образом, гистограмма служит некоторым приближением графика ПРВ исследуемой величины. Поэтому по виду гистограммы, равно как и полигона, можно сделать предположение о типе распределения или, другими словами, выдвинуть гипотезу о типе распределения СВ.

Статистической функцией распределения (СФР) случайной величины X называется функция $F^*(x)$, равная относительной частоте события ($X < x$)

$$F^*(x) = \frac{n_x}{n},$$

где n_x – количество значений выборки, меньших x ; n – объем выборки.

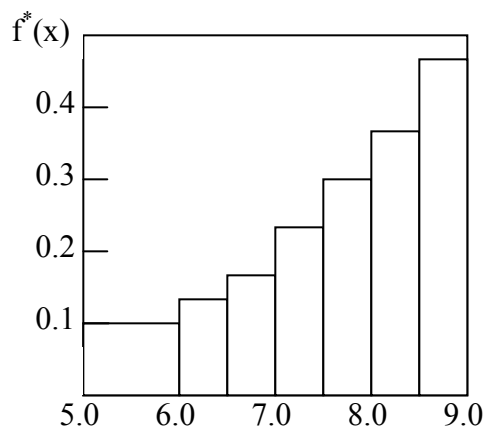
СФР легко вычисляется по вариационному ряду. Она имеет скачки, кратные $1/n$ в точках значений элементов выборки.

Как уже отмечалось, при большом объеме выборки удобнее использовать сгруппированные данные, для которых СФР вычисляется только на границах интервалов и имеет скачки, равные n_i / n .

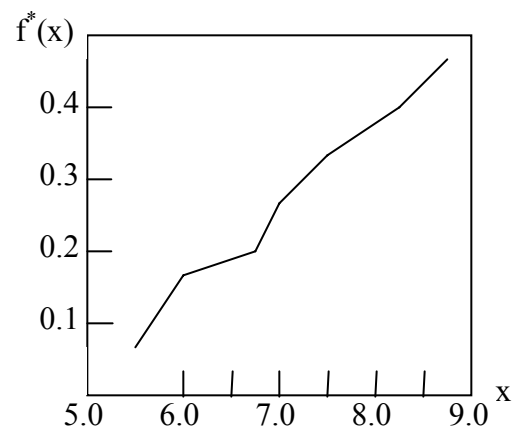
Несгруппированная и сгруппированная СФР приведены на рис. 4.6.

Очевидно, что СФР не может быть убывающей величиной, а ее значение при верхней границе области определения (для несгруппированной СФР это x_{max} , для сгруппированной – крайний правый интервал) равно 1.

Согласно закону больших чисел, при увеличении числа опытов p_i^* сходится к p , т. е. при $n \rightarrow \infty$ СФР приближается к истинной функции распределения.



а) Несгруппированная статическая функция



б) Сгруппированная статическая функция

Рис. 4.6.

Сгруппированная и несгруппированная статистические функции – это кумулятивные кривые (кумуляты).

Графические методы представления статистического ряда дают наглядную картину характера распределения параметров качества.

Статистический материал может быть представлен в виде числовых характеристик.

Важнейшей характеристикой положения случайной величины является средняя арифметическая величина наблюдаемых значений или оценка математического ожидания случайной величины.

Оценка математического ожидания

$$\bar{X} = \overline{m_x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i \quad \text{– для простой выборки;} \quad (4.3)$$

$$\bar{X} = \overline{m_x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^k x_i \cdot m_i \quad \text{– для сгруппированной выборки;}$$

а также оценка дисперсии

$$\overline{D_x} = \overline{\sigma_x^2} = \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - m_x)^2 \quad \text{– для простой выборки;} \quad (4.4)$$

$$\overline{D_x} = \overline{\sigma_x^2} = \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - m_x)^2 \cdot m_i \quad \text{– для сгруппированной выборки;} \quad (4.5)$$

где $\overline{\sigma_x^2}$ – оценка среднеквадратичного отклонения. Дисперсия и среднеквадратическое отклонение являются характеристиками рассеивания случайной величины.

Статистический ряд характеризуется также медианой и модой случайной величины. *Медиана* – это значение параметра, которое делит упорядоченный ряд на две равные по объему группы.

Формулы для вычисления медианы имеют следующий вид:

$$Me = x_i + 1,$$

для нечетного числа измерений;

для четного числа измерений:

$$Me = \frac{x_1 + x_{i+1}}{2}$$

Модой случайной величины называется значение параметра, которое наиболее часто встречается в данном ряду.

Отношение оценки среднеквадратического отклонения $\bar{\sigma}$ к средней арифметической, называют коэффициентом вариации V :

$$V = \frac{\bar{\sigma}}{\bar{x}} \cdot 100\%$$

Коэффициент вариации используется как статистическая характеристика рассеивания.

4.7. Контрольные листы

Контрольный лист (или листок) – инструмент для сбора данных и автоматического их упорядочения для облегчения дальнейшего использования собранной информации. Контрольный лист – это бумажный бланк, на котором заранее напечатаны контролируемые параметры, с тем, чтобы можно было легко и точно записывать данные измерений. Существует большое количество видов контрольных листов: контрольный листок для регистрации видов дефектов, контрольный листок причин дефектов, контрольный листок для регистрации распределения измеряемого параметра, контрольный листок локализации дефектов, и др. Для каждой конкретной цели может быть разработан свой контрольный листок.

На рис. 4.7 приведен контрольный листок для фиксации отказавших деталей в телевизоре.

Контрольный листок причин дефектов представлен на рис. 4.8. Листок позволяет выявить причины дефектов, получить необходимую информацию о дефектах, допущенных не только по вине рабочего или причине плохой наладки станка, но и определить появление брака, вызванное изменением условий работы, усталостью.

Контрольный листок локализации дефектов представлен на рис. 4.9. На рис. 4.9 показана деталь, изготовленная методом литья. Контрольный листок позволяет оценить качество отливки (наличие раковин) вдоль оси заготовки, по наружной и внутренней поверхности.

Компоненты, замененные в лаборатории	Ч
Отмечай так: /	А
	С
	Т
	О
	Т
	А
Модель 1017	
Интегральные схемы	3
Конденсаторы / / / / /	22
Резисторы	1
Трансформаторы	2
Переключатели	4
Трубки	1
Итого	33

Рис. 4.7. Контрольный листок для регистрации видов дефектов

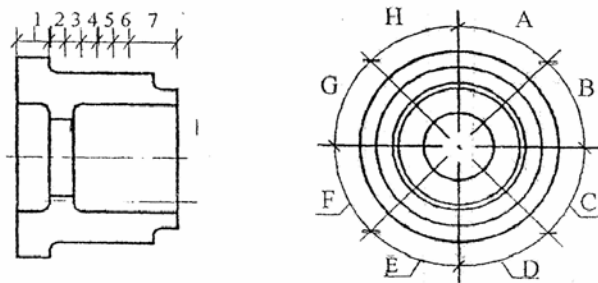
На рис. 4.8 показан контрольный листок для регистрации распределения измеряемого параметра. Он позволяет выявить изменения в размерах детали после проведения механической обработки.

Оборудование	Рабочий	Пон.		Вт.		Ср.		Чт.		Пят.	
		до обеда	после обеда	до обеда	после обеда	до обеда	после обеда	до обеда	после обеда	до обеда	после обеда
Станок 1	А	•• х *	• х	•••	• хх	••• ххх *	•••• ххх	•••• х **	• хх	••••	••
	В	• хх *	••• ххх *	••••• • хх	••• хх	••••• • хх *	••••• • х *	••••• хх	••• х **	•• хх **	•••••
Станок 2	С	•• х	• х	••	* *	•••••	••••• • х	•• • *	• *	•• ▲	•• ■
	Д	•• х	• х	•• ▲	••• *	••• ▲ *	••••• х	•• *	•• ▲	•• ▲▲ ■	• **

•: поверхностные царапины *: неправильная форма ■: другие
▲: дефекты конечной обработки х: раковины

Рис. 4.8. Контрольный листок причин дефектов

1. Эскиз



2. Матрица расположения дефектов

Вдоль оси По окружности	1	2	3	4	5	6	7
	A			/			
B							
C							
D							
E	///		////				
F	/	//					
G							
H							
	4	2	7				

Рис. 4.9. Контрольный листок локализации дефектов

Размер	Отклонение	Замеры				Частота	
		5	10	15	20		
	-6						
	-5	X					1
	-4	X	X				2
	-3	X	X	X			4
	-2	X	X	X	X		6
	-1	X	X	X	X	X	9
8.300	0	X	X	X	X	X	11
	1	X	X	X	X		8
	2	X	X	X			7
	3	X	X				3
	4	X					2
	5	X					1
	6	X					1
	7						
Итого							55

Рис. 4.10. Контрольный листок для регистрации распределения измеряемого параметра

4.8. Использование гистограмм для управления качеством

Данные ежедневных измерений или контроля одного и того же или нескольких параметров за определенный период времени могут исследоваться с помощью гистограмм. *Гистограмма* – это статическая модель плотности распределения вероятности случайной величины. Она строится следующим образом. На оси абсцисс диапазон изменения случайной величины делится на интервалы, и на каждом из них, как на основании, строится прямоугольник с высотой

$$f^*(x_i) = \frac{\Delta n_i}{n \cdot \Delta x_i}, \quad (4.6)$$

где Δn_i – количество реализаций, попавших в i -й интервал; Δx_i – длина i -го интервала; n – общее число измерений случайной величины.

При исследовании технологических процессов могут получиться следующие виды гистограмм представленные рис. 4.11. На рис. 4.11,а представлена гистограмма с двухсторонней симметрией. Среднее значение гистограммы приходится на середину размаха данных. Это нормальный закон распределения. Технологический процесс протекает стабильно. Положительно (отрицательно) скошенная гистограмма (рис. 4.11,б) получается когда невозможно получить значения выше (ниже) определенного. Гистограмма типа «гребенки» (рис. 4.11,в) – гистограмма мультимодального типа получается когда число единиц наблюдения, попадающих в интервалы, колеблется от интервала к интервалу, или когда действует определенное правило округления данных. Гистограмма с обрывом слева (справа) рис. 4.11,г получается, когда из партии отобраны и исключены изделия с параметрами ниже (выше) контрольных нормативов. На рис. 4.11, д представлено равномерное распределение (гистограмма типа «плато»), оно получается, если рассматривается смесь нескольких распределений, имеющих различные средние. В этом случае для исследования технологического процесса нужно применить метод расслоения. Гистограмма с изолированным пиком получается при включении данных из другого распределения и при наличии ошибок измерения (рис. 4.11,е). Двухгорбая гистограмма (бимодального типа) представляет собой объединение двух распределений с разными математическими ожиданиями (рис. 4.11,ж). Она получается в случае наличия разницы между оборудованием, между двумя операторами. Необходимо устранить причины расслоения. На рис. 4.11,з представлена гистограмма с ненормально высокими краями. Необходимо вмешаться в технологический процесс, чтобы исправить параметры, имеющие отклонения от нормы. Одним из методов исследования гистограмм является метод расслоения. Данные, относящиеся к изделиям одного типа, полученные на разных рабочих местах, зависят от исполнителя, от оборудования от температурных условий. Эти отличия могут быть факторами расслоения. Расслоение помогает выявить причину появления дефекта, если обнаружена разница в данных между слоями. При методе расслоения группируют данные в зависимости от условий.

Для исследования точности технологического процесса на гистограмму наносят границы допусков (рис. 4.12) T_H и T_B , где T_H – нижний технический допуск, T_B – верхний технический допуск.

Гистограмма находится в поле допуска (рис. 4.12,а). Технологический процесс удовлетворяет требованиям точности, необходимо поддерживать данное состояние технологического процесса. На рис. 4.12,б гистограмма находится в поле допуска, но нет запаса по измеряемому (контролируемому) параметру. Необходимо сократить разброс контролируемого параметра до меньшего значения. Гистограммы, представленные на рис. 4.12,в и г не удовлетворяют требованиям качества.

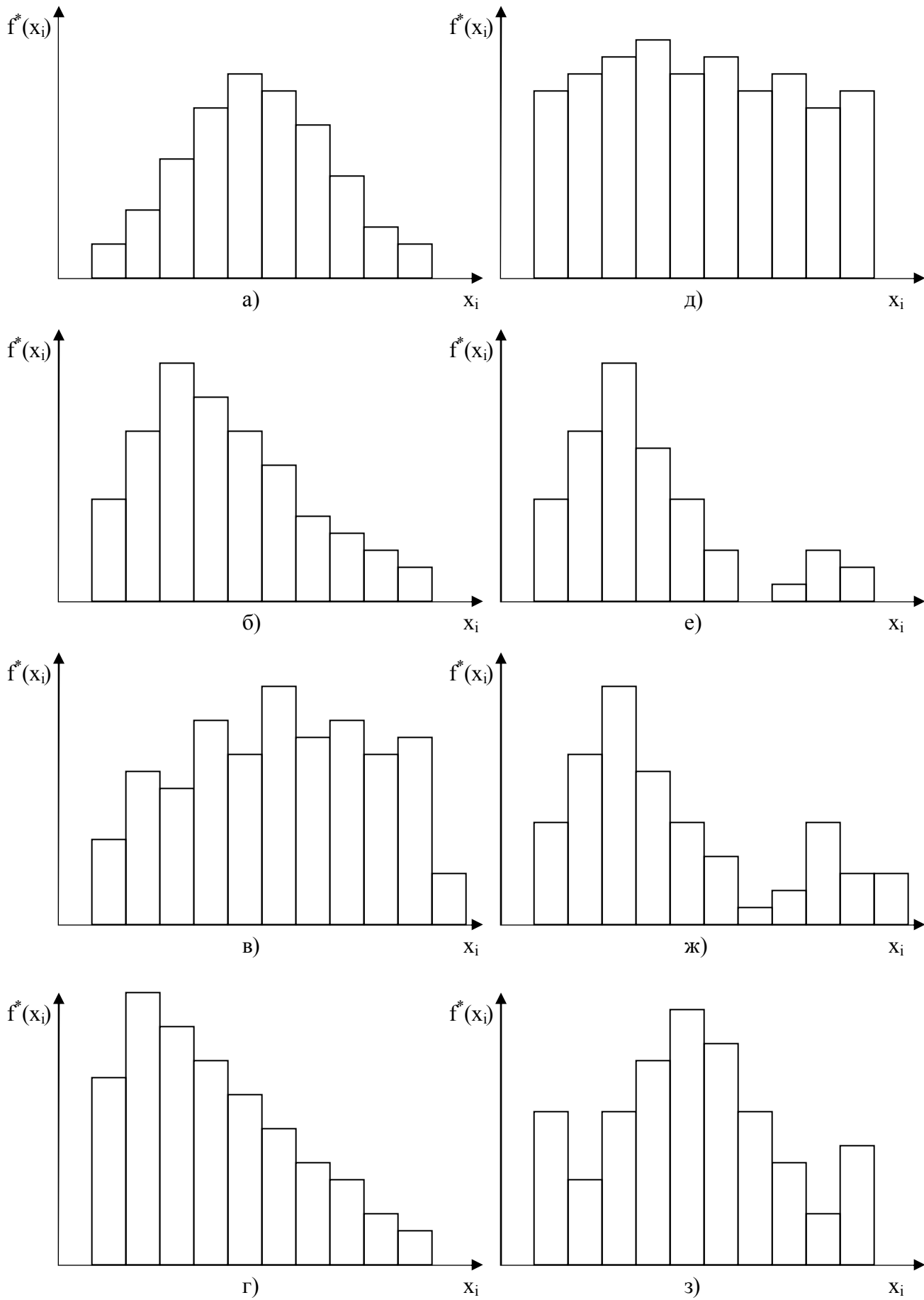


Рис. 4.11 Виды гистограмм

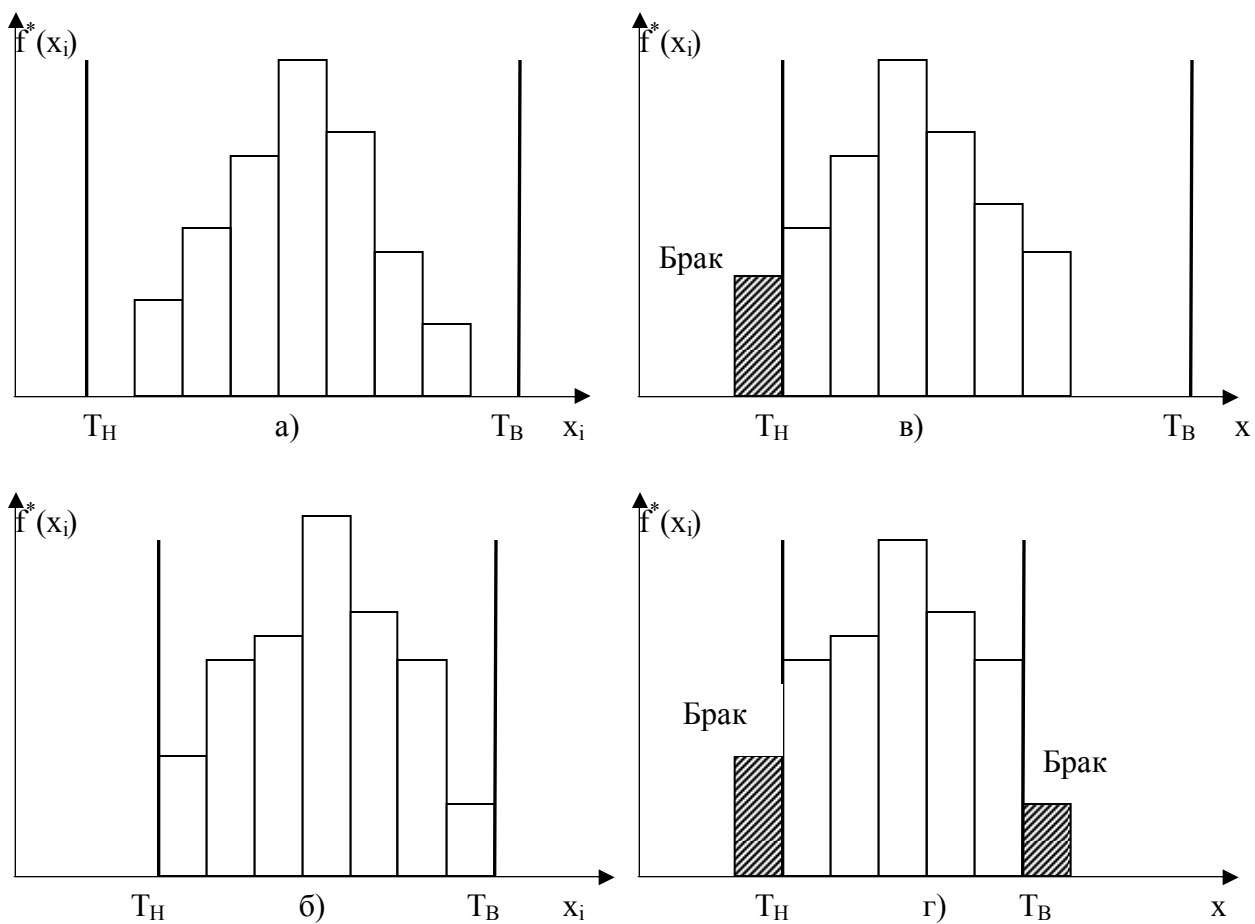


Рис. 4.12. Сравнение диаграмм с границами допуска

4.9. Диаграммы разброса (поля корреляции)

Диаграмма разброса применяется для исследований зависимости (корреляции) между двумя видами данных. Рассмотрим случай, когда у изделия замеряют два различных параметра X и Y . При этом могут возникнуть следующие варианты:

оба признака x и y тесно связаны друг с другом (например, электрический ток и напряжение в законе Ома). Этот вид связи называют функциональным. Зависимость между обоими признаками выражается в виде формулы.

Оба признака x и y не строго связаны между собой. В этом случае фиксированному значению x соответствует ряд изменяющихся вместе с x значений y и, наоборот, каждому фиксированному значению y соответствует ряд значений x , которые тоже изменяются с изменением y . Такая связь называется статистической.

Оба признака x и y не связаны между собой. Оба признака x и y не зависят друг от друга.

Степень статистической связи оценивается коэффициентом корреляции

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{n \sigma_x \sigma_y}, \in [-1, 1] \quad (4.7)$$

где \bar{x}, \bar{y} – математические ожидания параметров x и y ; σ_x, σ_y – среднеквадратичные отклонения параметров x и y ; n – объем выборки.

Для независимых случайных величин коэффициент корреляции равен нулю. Такие величины называют *некоррелированными*. Коэффициент корреляции характеризует не всякую, а линейную зависимость. Эта зависимость может быть представлена в виде уравнения линии регрессии, т. е. уравнением прямой линии, вдоль которой располагаются точки корреляционного поля.

Диаграмму разброса часто называют *полем корреляции*. С помощью диаграмм разброса удобно наблюдать характер изменения параметров качества во времени при воздействии различных факторов.

В этом случае на оси абсцисс откладывают начальные значения контролируемого параметра x_1, x_2, \dots, x_n ($t = 0$), а по оси ординат значения параметра качества через время $t = t_1, y_1, y_2, \dots, y_n$. Эта совокупность точек образует диаграмму разброса (поле корреляции) (рис. 4.13).

Проведем из начала координат биссектрису. Если все точки лягут на биссектрису, то это означает, что значения данного параметра не изменялись в процессе эксперимента. Следовательно, исследуемый фактор (или факторы) не влияют на параметры качества.

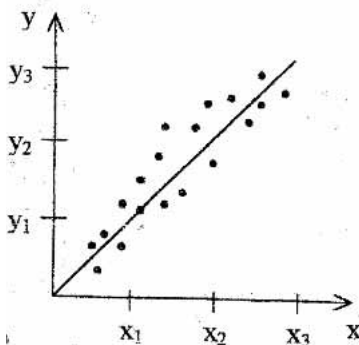


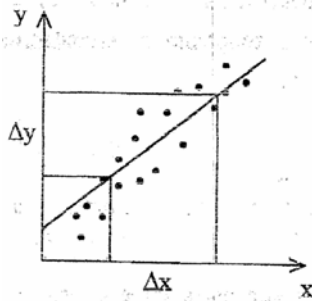
Рис. 4.13. Диаграмма разброса (поле корреляции)

Если основная масса точек лежит под биссектрисой, то это значит, что значение параметра качества за прошедшее время уменьшались. Если же точки лежат выше биссектрисы (рис. 3.23), то значения параметра за рассматриваемое время возросли.

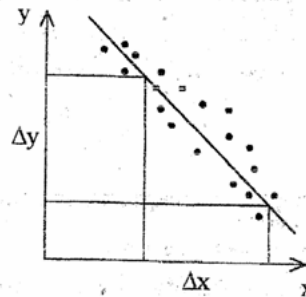
С помощью диаграмм разброса можно выяснить, имеется ли между двумя рассматриваемыми параметрами корреляционная связь, и определить вид этой связи.

На рис. 4.14, а приведен пример прямой корреляции. На рис. 4.14,б приведен пример обратной (отрицательной) корреляции. На рис. 4.15 показан пример отсутствия корреляции, когда никакой

выраженной зависимости между x и y не наблюдается. Между параметрами x и y возможен также случай криволинейной корреляции (рис. 4.16). Если при этом диаграмму разброса можно разделить на участки, имеющие прямолинейный характер, то проводят такое деление и исследуют каждый участок в отдельности как прямолинейную корреляцию.



а) Прямая корреляции



б) Обратная (отрицательная) корреляция

Рис. 4.14. Примеры корреляционной зависимости

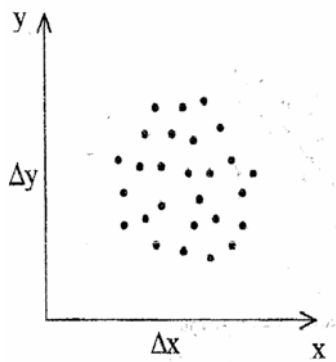


Рис.4.15. Отсутствие Корреляции

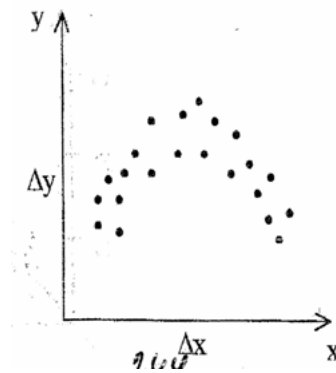


Рис. 4.16. Криволинейная корреляция

Степень корреляционной связи x и y может быть оценена с помощью коэффициента корреляции (в случае прямолинейной корреляции) либо с помощью корреляционного отношения (в случае криволинейной корреляции).

Линейная корреляционная зависимость может быть представлена в виде уравнения регрессии, т.е. уравнения прямой линии, вдоль которой расположены точки корреляционного поля (рис. 4.13, 4.14).

$$y = a + b \cdot x, \quad (4.8)$$

где y – среднее значение параметра y ; a и b – параметры уравнения регрессии.

Параметр b в уравнении называют *коэффициентом регрессии*.

Он равен (рис. 4.13, 4.14):

$$b = \frac{\Delta y}{\Delta x}. \quad (4.9)$$

Линию регрессии можно провести, используя метод «натянутой нити», так чтобы число точек сверху и снизу линии регрессии было примерно одинаковое.

При известном значении коэффициента корреляции коэффициент регрессии рассчитывается по следующей формуле:

$$b = r_{x,y} \cdot \frac{\sigma_y}{\sigma_x}, \quad (4.10)$$

где $r_{x,y}$ – значение коэффициента корреляции; σ_y и σ_x – среднеквадратическое отклонение параметров x и y .

Величина коэффициента регрессии может быть определена по методу наименьшей суммы квадратов

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n y_i \sum_{i=1}^n x_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \sum_{i=1}^n y_i \sum_{i=1}^n x_i}, \quad (4.11)$$

где n – число экспериментальных точек.

Значение параметра a уравнения регрессии при известном b можно определить из выражения

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} - b \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \bar{y} - b \cdot \bar{x}, \quad (4.12)$$

где \bar{y} и \bar{x} – средние арифметические отклонения параметров x и y .

На практике часто применяют более простой метод оценки степени корреляционной связи – метод медиан. На диаграмме разброса (рис. 4.17) производится вертикальная линия медианы и горизонтальная линия медианы.

Выше и ниже горизонтальной медианы, справа и слева от вертикальной медианы будет равное число точек. Если полученные при измерениях значения расположить в возрастающем или убывающем порядке, то медианой будет значение Me , занимающее среднее значение в ряду. Таким образом, медиана – это значение параметра, которое делит упорядоченный ряд на две равные по объему группы. При нечетном числе измерений значение параметра $i + 1$ будет медианным. При четном числе измерений медианой является среднее арифметическое двух значений, расположенное в середине ряда. Формулы для вычисления медианы имеют следующий вид:

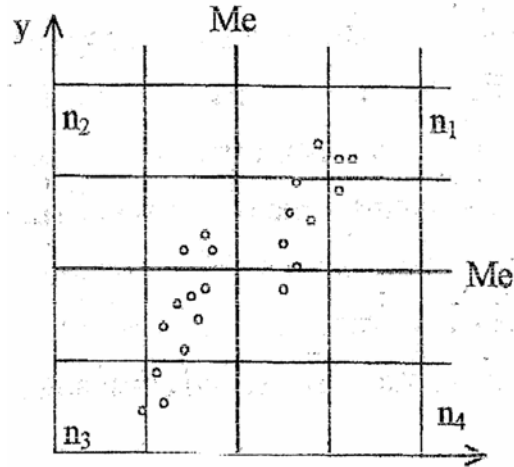


Рис. 4.17 Диаграмма разброса с медианами

$$Me = (X_i + X_{i+1}) / 2$$

(для случая четного числа измерений).

В каждом из четырех квадратов рис. 4.17, получившихся в результате деления диаграммы разброса вертикальной и горизонтальной медианами, подсчитывают число точек и обозначают n_1, n_2, n_3, n_4 . Точки, через которые прошла медиана, не учитываются.

Отдельно складывают точки в положительных и отрицательных квадратах:

$$\begin{aligned} n_+ &= n_1 + n_3, \\ n_- &= n_2 + n_4, \\ n &= n_+ + n_- + n_{Me}, \end{aligned}$$

где n_{Me} – точки, которые лежат на медианах.

Для определения наличия и степени корреляции по методу медиан используют специальные таблицы кодовых значений (Приложение 1). Сравнивая меньшее из чисел n_+ и n_- с кодовым значением, соответствующим значению n , делают заключение о наличии и характере корреляции. Если меньшее из чисел n_+ и n_- оказывается равным или меньше табличного кодового значения, то корреляционная зависимость имеет место. Если $n_+ > n_-$, то имеет место прямая корреляция, если $n_+ < n_-$, то можно говорить об обратной корреляции.

Временной лаг

Число рекламаций на детали А и В, поступившее на фирму, занимающуюся сборкой электронной аппаратуры, приведены в таблице 4.2.

По этим данным можно построить диаграмму разброса и, используя метод медиан, убедиться, что имеет место корреляционная зависимость величин В и А. На диаграмме

разброса значениям x (x_1, x_2, \dots, x_n) соответствуют значения y (y_1, y_2, \dots, y_n). При этом мы рассмотрим соответствия $(x_1, y_2), (x_2, y_3), \dots, (x_{n-1}, y_n)$. Подобный временной сдвиг называют временным лагом. Можно построить диаграмму разброса с временным лагом в 1 месяц, в два месяца, в 3 месяца и определить, в каком случае достигается наивысшая корреляция. Именно в это время нужно выявить факторы, влияющие на качество изделия. При временном лаге может возникнуть проблема определения числа рекламаций в будущем. Для этого используют выражение

$$y - \bar{y} = r \frac{\sigma^*(x)}{\sigma^*(y)} (x - \bar{x}), \quad (4.13)$$

где \bar{y} – среднее арифметическое значений y_1, y_2, \dots, y_n ; \bar{x} – среднее арифметическое значений x_1, x_2, \dots, x_n ; $\sigma^*(x)$ – оценка среднего квадратичного отклонения величины x ; $\sigma^*(y)$ – оценка среднего квадратичного отклонения величины y ; r – коэффициент корреляции величин x и y .

Таблица 4.2

Число рекламаций по изделиям А и В

Месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Число рекламаций на изделие А(х)	105	102	100	108	112	115	118	116	120	125	125	128
Число рекламаций на изделие В(х)	68	71	69	66	65	70	75	76	78	77	79	82

4.10. Методы расслаивания (стратификации) данных

В соответствии с этим методом производят расслаивание статистических данных, т. е. данные группируют в зависимости от условий их получения и обработку каждой группы данных производят в отдельности. Данные, разделенные на группы в соответствии с их особенностями, называют слоями (*стратами*), а сам процесс деления на слои (страты) – *расслаиванием (стратификацией)*.

Существуют различные методы расслаивания, на практике часто используется метод 5М, учитывающий факторы, зависящие от человека (man), машины (machine), материала (material), метода (method), измерения (measurement).

Расслаивание осуществляют следующим образом:

- расслаивание по исполнителям – по квалификации, стажу работы; смене и т. д.;
- расслаивание по машинам и оборудованию – по марке, по выпускающей фирме, по конструкции и т. д.;
- расслаивание по материалу – по месту производства, партии, качеству сырья и т. д.;
- расслаивание по способу производства (по методу) – по технологическому приему, месту производства и т. д.;

в процессе расслаивания должны соблюдаться следующие условия:

- различия между значениями случайной величины внутри слоя (дисперсия) должны быть как можно меньше по сравнению с различием ее значений в нерасслоенной исходной совокупности;
- различия между слоями (различия между средними значениями случайной величины слоев) должны быть как можно больше.

4.11. Диаграммы Парето

Проблема качества связана с потерями. Это дефектные изделия и затраты, связанные с их производством. Очень важно выяснить картину распределения потерь. Большинство потерь связаны с немногочисленными существенно важными дефектами. Устранив их, можно устранить почти все потери. Выявление существенно важных дефектов можно осуществить с помощью диаграммы Парето (рис. 4.18). Для построения диаграммы Парето можно, например, использовать таблицу 4.3 для детали типа валик, изготовляемого с помощью механической обработки.

Таблица 4.3

Таблица данных для построения диаграмм Парето

Тип дефекта для детали типа валик, изготовленного с помощью механической обработки	Число дефектов	Накопленная сумма дефектов	Число дефектов по каждому признаку в общей сумме, %	Накопленный процент
Деформация	104	104	52	52
Царапины	42	146	21	73
Раковины	20	1466	10	83
Трещины	10	176	5	88
Пятна	6	182	3	91
Разрыв	4	186	2	93
Прочие	14	200	7	100
Итого	200	–	100	–

Из диаграммы можно сделать вывод, что 85% составляют «немногочисленные серьезные ошибки», вызванные тремя источниками ошибок А, Б и В. Остальные 15% «немногочисленные мелкие ошибки» должны быть устранены только после исправления «немногочисленных серьезных ошибок». Различают два вида диаграмм Парето: диаграммы Парето по причинам и диаграммы Парето по результатам деятельности. Диаграммы Парето по причинам отражают проблемы, возникающие в ходе производства, и используются для выявления главных из них:

- *рабочий*: смена, квалификация, индивидуальные характеристики, бригада;
- *оборудование*: станки, инструменты, модели, организация использования;
- *сырье*: изготовитель, вид сырья, завод-поставщик, партия;
- *метод работы*: условия производства, приемы работы, последовательность операций.

Диаграммы Парето по результатам деятельности отражают следующие результаты деятельности:

- *качество*: дефекты, поломки, ошибки, отказы, рекламации, ремонты, возвраты продукции;
- *себестоимость*: объем потерь, затраты;
- *сроки поставок*: нехватка запасов, срыв сроков поставки.

Наблюдая явления с разных точек зрения, составляя различные диаграммы Парето, можно выявить нежелательные существенно важные факторы, что и является целью анализа Парето. Нежелательно, чтобы группа факторов «прочие» составляла большой процент. Если такое происходит, значит, объекты наблюдения расклассифицированы неправильно, и слишком много объектов попало в одну группу. Данные можно представлять в денежном выражении. Затраты – важный критерий в управлении качеством.



Рис. 4.18. Диаграмма Парето по видам дефектов

Из диаграммы Парето, предоставленной на рис. 4.18 видно, что 83% дефектов составляют дефекты трех типов: деформация, царапины, раковины. Поэтому в первую очередь необходимо выяснить причины возникновения этих дефектов и разработать мероприятия по их устранению.

4.12. Причинно-следственные диаграммы

Причинно-следственная диаграмма (диаграмма Исикавы) – это диаграмма, которая показывает отношения между показателями качества и воздействующими на них факторами. Этот метод был предложен в 1953 году профессором Токийского университета Каору Исикавой и был включен в стандарт японской промышленности. Диаграмму причин и результатов называют «рыбий скелет», иногда ее называют «деревом» или диаграммой «речных притоков». На рис. 4.19 изображена диаграмма причин и результатов, «рыбий скелет».

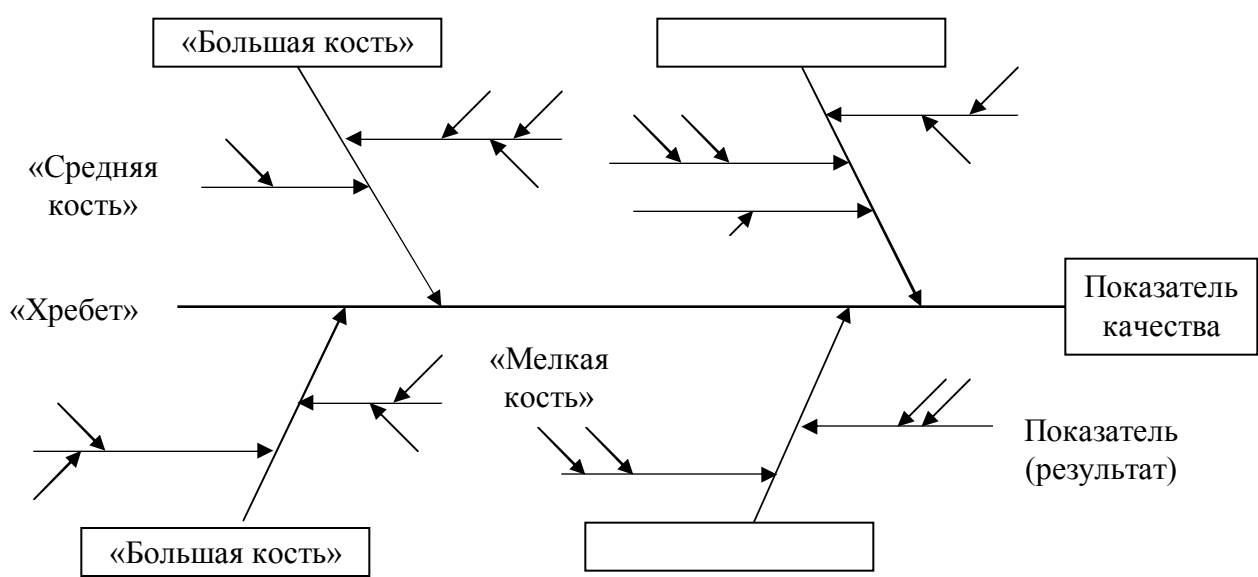


Рис. 4.19. Структура диаграммы причин и результатов, «рыбий скелет»

Причинно-следственная диаграмма позволяет выявить и систематизировать различные факторы и условия (например, исходные материалы, оборудование), оказывающие влияние на показатель качества.

На рис. 4.20 показана причинно-следственная диаграмма, которая может использоваться для анализа качества электронной аппаратуры.

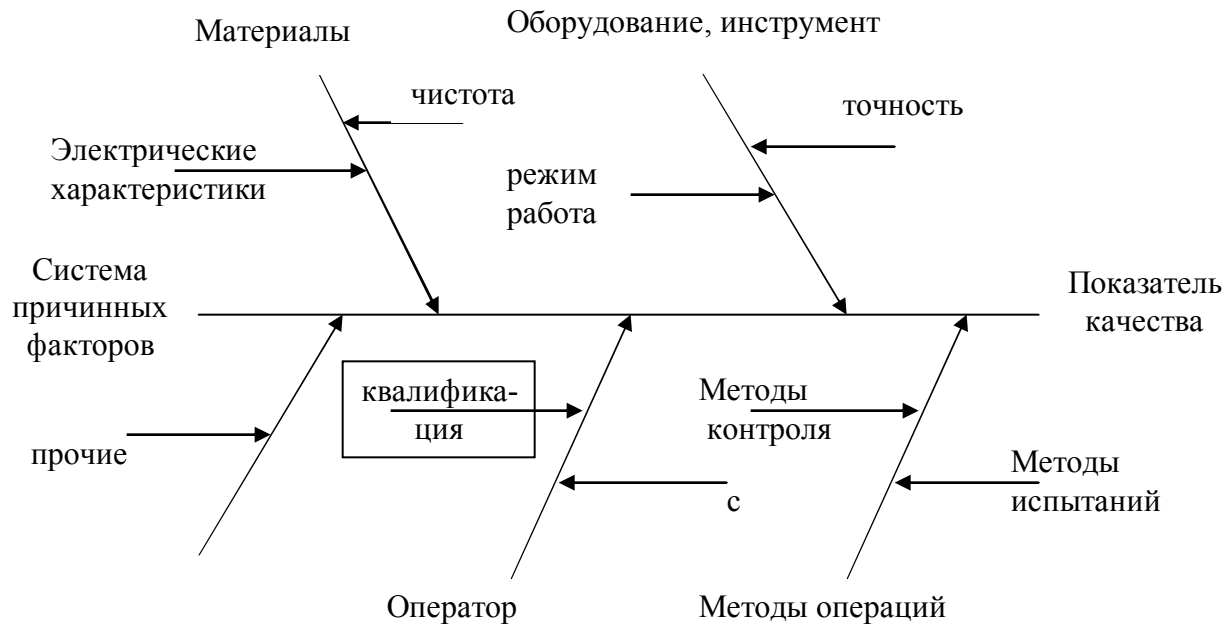


Рис. 4.20. Причинно-следственная диаграмма для анализа качества электронной аппаратуры

При составлении причинно-следственной диаграммы необходимо подобрать максимальное число факторов, имеющих отношение к исследуемому показателю качества, например, вышедшему за допустимые пределы. Наиболее эффективным методом анализа причин является групповой метод или метод «мозгового штурма». При составлении причинно-следственной диаграммы необходимо выделить группу «прочие» причины, так как всегда могут оставаться неучтенные факторы.

4.13. Контрольные карты

Контрольные карты – инструмент, позволяющий отслеживать ход протекания процесса и воздействовать на него, предупреждая его отклонения от предъявленных к процессу требований.

Пример контрольной карты приведен на рис. 4.211. Она представляет собой карту средних арифметических значений \bar{X} и размахов R.

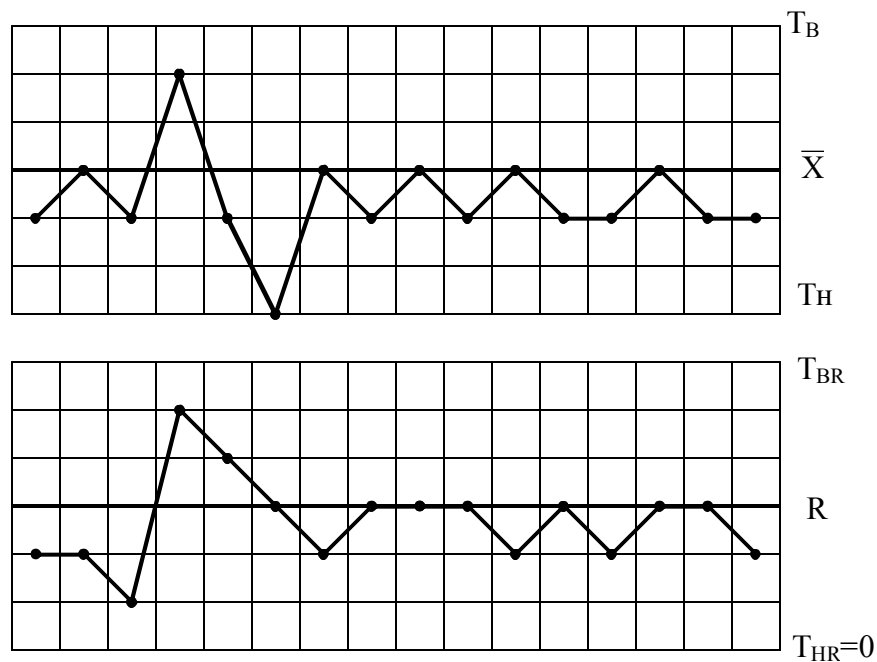


Рис. 4.21. Пример контрольной ($\bar{X} - R$)

При построении контрольной карты по оси ординат откладывают значение контролируемого параметра, а по оси абсцисс номер выборки или время ее взятия.

Всякая контрольная карта состоит из трех линий.

Центральная линия – это среднее значение контролируемого параметра, например для карты на рис. 4.21 – это \bar{X} и R. Две другие линии – верхний контрольный предел T_e и нижний контрольный предел T_n . Эти линии представляют собой максимально допустимые пределы изменений контролируемых параметров. Если все точки, соответствующие выборочным средним контролируемого параметра и его рассеяния, полученные по результатам контроля выборок, лежат внутри контрольных пределов, то процесс рассматривается как контролируемый. Если же точки выйдут за контрольные пределы, то процесс считается вышедшим из-под контроля. Контрольные карты были предложены в 1924 г. У. Шухартом (США).

Существует семь видов контрольных карт:

- средних арифметических и размахов ($\bar{X} - R$);
- медиан и размахов ($M_e - R$);
- индивидуальных значений (x);
- доли дефектной продукции (P);
- числа дефектных единиц продукции (pn);
- числа дефектов (c);
- числа дефектов на единицу продукции.

Существуют контрольные карты для непрерывных случайных величин и контрольные карты для дискретных случайных величин.

Метод средних арифметических значений и размахов применяется для изделий серийного и массового производства. Значения показателей должны быть распределены по нормальному (Гауссовскому) закону распределения.

Размах варьирования R определяется как

$$R = x_{max} - x_{min},$$

где x_{max} – максимальное значение параметра в выборке; x_{min} – минимальное значение параметра в выборке.

Метод средних арифметических значений и размахов применяется для технологических процессов с высокими требованиями к точности; для продукции, связанной с обеспечением безопасности потребителя (авиационная промышленность). Объем выборок составляет 3 – 10 шт.

Периодичность отбора выборок зависит от производительности и стабильности технологического процесса и составляет 1 – 2 часа.

\bar{x}_i – среднее арифметическое значение ПК в i -й выборке содержит информацию об уровне настроенности процесса.

Размах варьирования R содержит информацию о рассеянии показателя качества, т. е. о точности технологического процесса.

Контрольная карта состоит из двух диаграмм: диаграммы средних арифметических значений и размахов.

На диаграмму по вертикали наносят значение показателя качества \bar{x}_i , а по горизонтали – дату, смену, номера выборок.

На диаграмму наносят верхний T_B и нижний T_H контрольные пределы. Диаграмма размахов располагается ниже диаграммы средних арифметических значений.

Для размахов нижний технический допуск $T_{HR} = 0$.

Технологический процесс протекает удовлетворительно, если среднее арифметическое значение \bar{x}_i в выборках не выходит за пределы T_B и T_H , а размах R_i за пределы T_{BR} .

Линия, соединяющая точки средних арифметических значений выборок, отражает динамику изменения уровня настройки процесса, а линия, соединяющая точки размахов, отражает динамику изменения точности процесса.

Выход точек за контрольные пределы T_B , T_H , T_{BR} сигнализирует о нарушении нормального хода технологического процесса.

Рассмотрим способы вычисления статистических характеристик и построения их на контрольной диаграмме.

Установим значение ординаты центральной линии на диаграмме средних арифметических значений. В общем случае центральная линия имеет ординату, равную математическому ожиданию, $m_x = a$. При налаженном, устойчивом технологическом процессе центральная линия должна иметь ординату a , совпадающую с номинальным значением контролируемого параметра при симметричном поле допуска.

Когда параметр a неизвестен, ордината центральной линии берется равной среднему из выборочных средних за некоторый определенный период

$$a = \bar{\bar{x}} = \frac{1}{e} \sum_{i=1}^e \bar{x}_i, \quad (4.14)$$

где e – число выборок; $\bar{\bar{x}}$ – генеральная средняя; \bar{x}_i – выборочные средние.

Ординаты верхнего и нижнего контрольных пределов определяются по следующим формулам:

$$T_H = a - \frac{t}{\sqrt{n}} \times \sigma, \quad (4.15)$$

$$T_H = a + \frac{t}{\sqrt{n}} \times \sigma, \quad (4.16)$$

где n – объем выборки; t – уровень значимости; σ – оценка среднеквадратичного отклонения.

$$\sigma = \frac{1}{l} \sum_{i=1}^l S_i, \quad (4.17)$$

где S_i – оценка средних квадратических отклонений в i -й выборке; l – число выборок.

Среднее значение размаха

$$\bar{R} = \frac{1}{l} \sum_{i=1}^l R_i, \quad (4.18)$$

где R_i – размах варьирования в i -й выборке.

Оно пропорционально среднеквадратичному отклонению σ , т. е. $\bar{R} \approx d_n \times \sigma$.

d_n – коэффициент пропорциональности, выбирается из таблицы 4.4. Ординаты контрольных пределов находятся по формулам:

$$T_H = a - \frac{t}{d_n \sqrt{n}} \times \bar{R}, \quad (4.19)$$

$$T_B = a + \frac{t}{d_n \sqrt{n}} \times \bar{R}. \quad (4.20)$$

Таблица 4.4

Значение коэффициента d_n

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
d_n	1,128	1,693	2,059	2,326	2,354	2,704	2,847	2,970	3,078

Для размаха варьирования $T_{BR} = D_2 \times \sigma$ при известном значении D_2 , где D_2 – постоянный коэффициент, выбираемый из таблицы 4.5.

Таблица 4.5

Значение коэффициента D_2

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
D_2	3,686	4,358	4,698	4,918	5,078	5,208	5,307	5,394	5,468

При неизвестном значении σ : $T_{BR} = D_2 \bar{R} / d_n$.

Рассмотрим построение р-карты. Эта карта применяется в тех случаях, когда показатель качества представлен в виде доли дефектных изделий (p_i)

$$p_i = \frac{m_i}{n} \cdot 100\%, \quad (4.21)$$

где m_i – количество дефектных изделий в i -й выборке; n – объем выборки.

Значение для средней линии р-карты

$$\bar{P} = \frac{\sum_{i=1}^k p_i}{k}, \quad (4.21)$$

где k – число выборок, которое должно быть больше 10.

Границы регулирования.

$$T_B = \bar{P} + 3\sigma_{\bar{p}}; \quad T_H = \bar{P} - 3\sigma_{\bar{p}}, \quad (4.22)$$

$$\sigma_{\bar{p}} = \sqrt{\frac{\bar{P}(1-\bar{P})}{n}}. \quad (4.23)$$

Найденные средняя линия и границы регулирования наносятся на контрольную карту.

Ординатами точек р-карты является доля дефектных изделий p_i , а абсциссами – номера выборок.

Контрольные карты позволяют выявить тенденцию процесса и предупредить выход его из-под контроля. В зависимости от расположения точек на графике можно судить о ходе технологического процесса. Если точки оказываются по одну сторону от средней линии, то такое состояние называется *серией*. Серия в семь точек рассматривается как ненормальная (рис. 4.22)

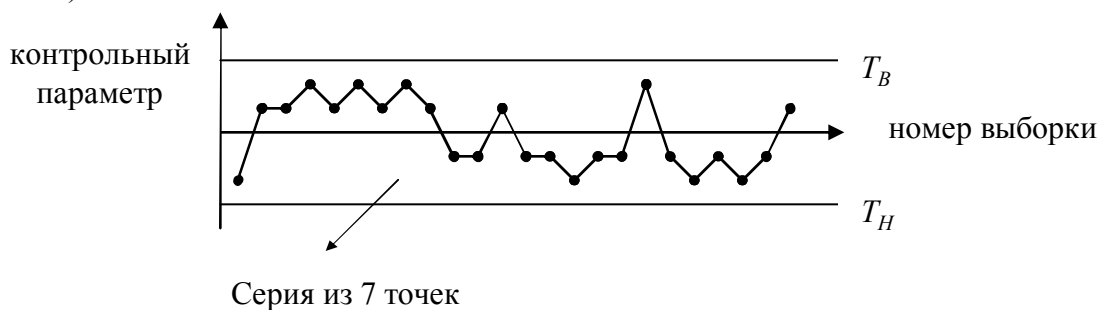


Рис. 4.22. Ненормальное протекание процесса



Рис. 4.23. Тренд

Ненормальным считается состояние когда десять точек из двенадцати находятся по одну сторону от центральной линии (рис. 4.22).

Если точки образуют непрерывно повышающуюся или понижающуюся кривую, то имеет место тренд (дрейф) (рис. 4.23).

Если точки приближаются к контрольным пределам, то нужно провести 2σ контрольные пределы (не следует забывать, что контрольные пределы равны $\pm 3 \cdot \sigma$). Если достаточно часто 2 – 3 точки оказываются за контрольными пределами, то такое состояние рассматривается как ненормальное (рис. 4.24).

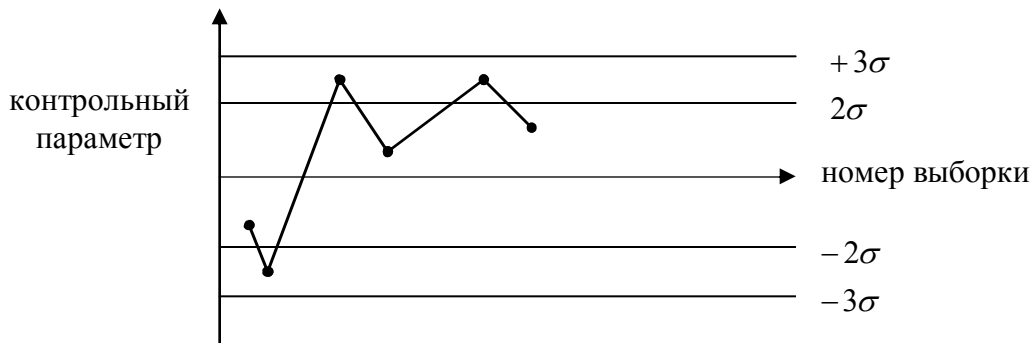


Рис. 4.24. Выход точек за пределы $\pm 2\sigma$

Приближение точек к центральной линии вовсе не означает, что достигнуто контролируемое состояние. Это может означать, что в выборках смешиваются данные из разных распределений. Нужно изменить способ отбора выборок. Состояние, когда точки располагаются по кривой, напоминающей синусоиду (рис. 4.25) с примерно одинаковыми интервалами времени, называется *периодичностью*. Такой процесс считается ненормальным.

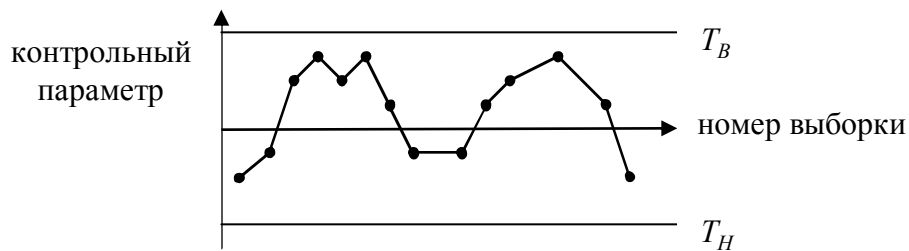


Рис. 4.25. Периодичность

Как правило, анализ процесса методом контрольных карт ведется с использованием совместно метода гистограмм и метода расслаивания данных.

4.14. Кружки Контроля Качества на японских предприятиях

Для успешного практического применения семи инструментов контроля качества, необходимо, чтобы все сотрудники фирмы изучили эти методы и при необходимости могли их применить. Для изучения статистических методов контроля качества на японских предприятиях работают Кружки Контроля Качества. Кроме обучения, в японских Кружках Контроля Качества используется процедура принятия коллективных решений – ринги, которые основаны на инициативе снизу. В кружках обсуждаются проблемы, возникающие в процессе деятельности подразделений, связанные с улучшением качества самого процесса и выпускаемой продукции. После принятия решения оно обязательно реализуется сразу, без промедления. В октябре 1991 г. в Японии было зарегистрировано 300000 таких кружков.

Обычно в кружок входит 60 человек. Поэтому более двух миллионов сотрудников работают в Кружках Контроля Качества. Например, фирма Тойота (Toyota) в 80-е годы 20-го века имела более 58000 кружков.

Кружки Контроля Качества работают не только в сфере производства, но и в супермаркетах, банках, отелях, в ресторанном бизнесе. Люди, работающие в Кружках Контроля Качества, хорошо обучены сбору статистического материала и статистическому анализу этого материала, владеют простыми статистическими методами, такими как семь инструментов контроля качества. Участие в кружках является добровольным. Существуют также различные способы поощрения членов кружка, например, награждение и публикация результатов работы в извещениях правления компании. Кружки качества имеют поддержку управляющего аппарата (менеджмента), и управляющий аппарат проявляет интерес к их деятельности и достигнутым результатам.

4.15. Статистический приемочный контроль качества

Статистический приемочный контроль качества продукции – это выборочный контроль, основанный на применении методов математической статистики для проверки соответствия качества продукции установленным требованиям.

Задача приемочного статистического контроля (ПСК) – определение качества проверяемой партии по результатам контроля одной или нескольких выборок, взятых из этой партии по случайному закону. ПСК рекомендуется вводить при невозможности сплошного контроля, например, если при контроле изделия разрушаются, а также при экономической нецелесообразности сплошного контроля вследствие его высокой стоимости.

Контролируемая партия продукции характеризуется долей дефектных единиц продукции на каждые сто выпускаемых единиц продукции или уровнем дефектности. Максимальный уровень дефектности, установленный нормативно-технической документацией, называется *допустимым уровнем дефектности*.

Задачей организации ПСК является составление плана контроля. *План контроля* – это совокупность данных о виде контроля, объемах контролируемой партии продукции, выборках, о контрольных нормативах и решающих правилах.

Контрольный норматив – это значение показателя качества продукции, установленное в нормативно-технической документации и представляющее собой критерий для принятия решения по результатам выборочного контроля относительно соответствия продукции установленным требованиям. Контрольный норматив, являющийся критерием для приемки партии продукции и равный максимальному числу дефектных единиц в выборке в случае приемочного статистического контроля по альтернативному признаку или соответствующему предельному значению контролируемого параметра в выборке в случае ПСК по количественному признаку, называется *приемочным числом*.

Контрольный норматив, являющийся критерием для забраковывания партии продукции и равный минимальному числу дефектных единиц в выборке в случае ПСК по альтернативному признаку или соответствующему предельному значению контролируемого параметра в выборке в случае ПСК по количественному признаку, называется *браковочным числом*.

При разработке плана контроля устанавливаются величины приемочного и браковочного уровней дефектности.

Приемочный уровень дефектности – это максимальный уровень дефектности (для одной партии) или средний уровень дефектности (для нескольких партий), который для целей приемки продукции рассматривается как удовлетворительный.

Браковочный уровень дефектности – это минимальный уровень дефектности (для одной партии) или средний уровень дефектности (для нескольких партий), который для целей приемки рассматривается как неудовлетворительный.

Вероятность забракования партии продукции, обладающей приемочным уровнем дефектности, называется *риском поставщика*.

Вероятность приемки партии продукции, обладающей приемочным уровнем дефектности, называется *риском потребителя*.

В зависимости от метода проведения различают одноступенчатый, двухступенчатый, многоступенчатый и последовательный контроль.

Одноступенчатый контроль – это ПСК, характеризующийся тем, что решение относительно приемки партии продукции принимается по результатам контроля только одной выборки. Рассмотрим пример одноступенчатого ПСК по альтернативному признаку.

Из партии объемом N берется одна выборка объемом n . По результатам контроля определяют число дефектных изделий в выборке m . Если $m \leq C$, где C – контрольный норматив (приемочное число), то партия принимается. В противном случае ($m > C$) партия бракуется.

Риск поставщика α для одноступенчатого ПСК равен:

$$\alpha = P(m > C), \text{ при } g = g_1,$$

где g – уровень дефектности; g_1 – приемочный уровень дефектности.

Риск потребителя β равен:

$$\beta = P(m \leq C), \text{ при } g = g_2,$$

где g_2 – браковочный уровень дефектности.

Двухступенчатый контроль – это ПСК, при котором решение о качестве контролируемой партии изделий принимают по результатам контроля не более двух выборок, причем необходимость отбора второй выборки зависит от результатов контроля первой выборки.

Рассмотрим пример двухступенчатого ПСК по альтернативному признаку.

Из партии объемом N берется первая выборка объемом n_1 . По результатам контроля определяют число дефектных изделий в первой выборке m_1 . Если $m_1 \leq C_1$, где C_1 – контрольный норматив (приемочное число), то партия принимается, и вторая выборка не берется. Если $m_1 \geq C_2$, где C_2 – контрольный норматив (браковочное число), то партия забраковывается и вторая выборка не берется. Если $C_1 < m_1 < C_2$, то отбирается вторая выборка объемом n_2 . По результатам контроля определяют число дефектных изделий во второй выборке m_2 . Если $m_1 + m_2 \leq C_3$ (C_3 – приемочное число), то партия принимается. Если $m_1 + m_2 > C_3$, то партия бракуется.

Риск поставщика при двухступенчатом контроле равен:

$$\alpha = P(m_1 \geq C_2 \text{ или } m_1 + m_2 > C_3), \text{ при } g = g_1.$$

Риск потребителя:

$$\beta = P(m_1 \leq C_1 \text{ или } m_1 + m_2 \leq C_3), \text{ при } g = g_2.$$

Многоступенчатый контроль – это ПСК, при котором решение относительно партии продукции принимается по результатам контроля нескольких выборок, максимальное число которых заранее установлено, причем необходимость отбора последующей выборки зависит от результатов контроля предыдущей выборки.

Последовательный контроль – это ПСК, при котором решение относительно приемки партии продукции принимают по результатам контроля нескольких выборок, максимальное число которых заранее не установлено, причем необходимость отбора последующей выборки зависит от результатов контроля предыдущей выборки.

В основе метода последовательного контроля лежит вычисление отношения правдоподобия.

$$\gamma_n = \frac{\omega(x_n, x_2)}{\omega(x_n, x_1)}, \quad (4.24)$$

где $\omega(x_n, x_1)$ и $\omega(x_n, x_2)$ – плотности вероятности статистического параметра x_n выборок, относящихся соответственно к партиям с генеральными параметрами $x_0 = x_1$ и $x_0 = x_2$.

Последовательный контроль проводится по следующей методике. Выборка из партии изделий последовательно увеличивается, и для каждого значения числа проверенных изделий n определяется γ_n .

Если $\gamma_n \leq \beta / (1 - \alpha)$, то партия принимается;

если же $\beta / (1 - \alpha) < \gamma_n < (1 - \beta) / \alpha$, то контроль продолжается;

если $\gamma_n > (1 - \beta) / \alpha$, то партия бракуется.

Рассмотрим пример последовательного контроля по альтернативному признаку. В этом случае из партии последовательно (но случайным образом) извлекают выборки и для каждого значения общего числа проверенных изделий определяют число дефектных изделий m , которое сравнивают с приемочным C_1 и браковочным C_2 числами. Если $m \leq C_1$, то партия принимается; если $C_1 < m \leq C_2$, контроль продолжается; если $m > C_2$, то партия бракуется. Задачей планирования последовательного контроля является построение линий приемки и браковки для заданных α , β , g_1 и g_2 .

Для определения уравнений линий приемки и браковки необходимо воспользоваться отношением правдоподобия. Если объем выборки n мал по сравнению с объемом партии N ($n < 0,1 N$), а уровень g мал настолько, что $ng = 0, 1, 2, \dots, 3$, то можно принять, что случайная величина m (количество дефектных изделий) распределена по закону Пуассона.

$$P_{m,n} = \frac{a^m}{m!} e^{-a}, \quad (4.25)$$

где a – параметр распределения Пуассона, и представляет собой среднее значение величины m .

$$a = ng.$$

Отношение правдоподобия будет равно:

$$\gamma_n = \frac{\omega(m, g_2)}{\omega(m, g_1)} = \left(\frac{g_2}{g_1} \right)^m e^{-n(g_2 - g_1)}. \quad (4.26)$$

После логарифмирования получаем выражение

$$\ln \gamma_n = m \ln \frac{g_2}{g_1} - n(g_2 - g_1). \quad (4.27)$$

Если принять обозначения:

$$\ln \frac{\beta}{1 - \alpha} = A,$$

$$\ln \frac{1-\beta}{\alpha} = B,$$

$$\frac{g_1}{g_2} = \xi,$$

то условия приемки партии:

$$ng_2(\xi - 1) - m \ln \xi \leq A, \quad (4.28)$$

а условие браковки партии:

$$ng_2(\xi - 1) - m \ln \xi > B. \quad (4.29)$$

Решение уравнений (4.28) и (4.29) относительно m дает уравнения линии приемки партии:

$$m' = \frac{ng_2(\xi - 1) - A}{\ln \xi}, \quad (4.30)$$

и линии браковки партии:

$$m'' = \frac{ng_2(\xi - 1) - B}{\ln \xi}. \quad (4.31)$$

График последовательного контроля (рис. 4.26) представляет собой ступенчатую линию, сумма отрезков которой, параллельных оси n , численно равна общему количеству проверенных изделий на данном этапе контроля, а сумма отрезков, параллельных оси m , равна общему числу дефектных изделий в выборках на том же этапе контроля. Последовательный контроль заканчивается принятием решения о приемке партии изделий, если график последовательного контроля (ломаная линия) достигает линии приемки, и принятием решения о забраковке партии, если график последовательного контроля достигает линии браковки.

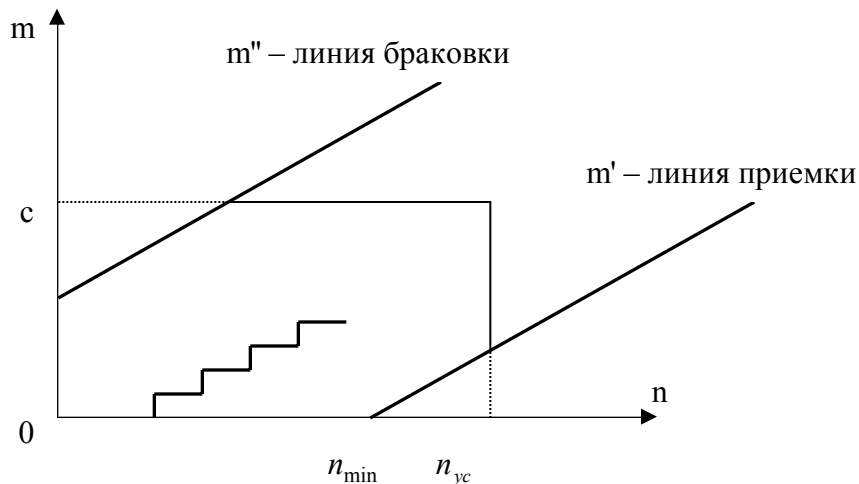


Рис. 4.26. График последовательного контроля по альтернативному признаку

С целью ограничения числа проверяемых изделий применяется усеченный последовательный контроль. Максимальное число проверенных изделий при усеченном

контроле n_{yc} и контрольный норматив C определяются так же, как и для планирования одноступенчатого контроля.

При усеченном последовательном контроле решение о приемке партии изделий принимается в том случае, если график последовательного контроля достигает линии приемки m' или линии $n = n_{yc}$. Решение о забраковывании партии принимается в случае, если график последовательного контроля достигает линии браковки m'' или линии $m = c$.

При усеченном последовательном контроле увеличивается риск поставщика и потребителя. Однако если величина n_{yc} соответствует плану одноступенчатого контроля, то увеличение риска поставщика и потребителя невелико.

4.16. Точностная диаграмма

О стабильности технологического процесса судят по точностным диаграммам. На точностной диаграмме по оси абсцисс откладывается время, а по оси ординат значение параметра качества.

Пример точностной диаграммы представлен на рис. 4.27.

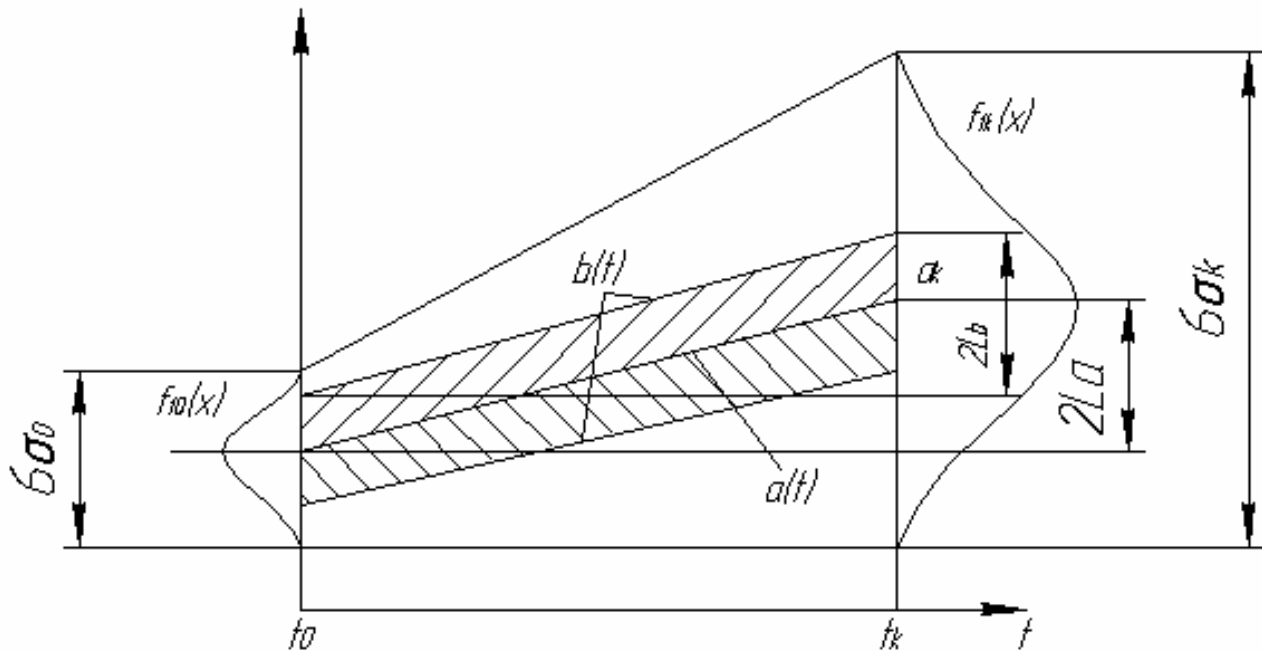


Рис. 4.27. Точностная диаграмма технологического процесса

По виду точностной диаграммы и типу закона полного распределения можно судить о состоянии технологического процесса, а также количественно оценить стабильность процесса. Она определяется отношениями:

$$\lambda_a = \frac{l_a}{\sigma_0}; \quad \lambda_b = \frac{l_b}{\sigma_0},$$

где l_a – половина диапазона изменения функции $a(t)$; l_b – половина диапазона изменения функции $b(t)$; σ_v – среднее квадратическое отклонение значения параметра качества в начальный момент времени t_0 .

При стабильном технологическом процессе $\lambda_a = \lambda_b = 0$.

Функция $a(t)$ может быть как линейной, так и нелинейной.

5. Методы управления качеством

5.1. Семь инструментов управления качеством

В подразделе 4 были рассмотрены семь инструментов контроля качества. Большинство из них используются для анализа численных данных. Однако для принятия решения необходимо знание операционного анализа, теории оптимизации, статистики, поведенческой науки. Союз Японских Ученых и Инженеров (Union of Japanese Scientists and Engineers) на основе этих наук разработал очень мощный и полезный набор методов, позволяющих облегчить задачу управления качеством при анализе различных факторов. Эти методы получили название семи инструментов управления качеством. К ним относятся:

- диаграмма сродства;
- диаграмма связей (график связей);
- древовидная диаграмма (дерево решений);
- матричная диаграмма или таблица качества;
- стрелочная диаграмма;
- диаграммы процесса осуществления программы;
- матрицы приоритетов (анализ матричных данных).

5.2. Метод «мозгового штурма»

Метод «мозгового штурма» применяется для сбора данных. Группа «мозгового штурма» включает людей, обладающих знаниями по данной проблеме. Для проведения «мозгового штурма» руководитель должен:

- сформулировать обсуждаемую тему;
- собрать соответствующую обсуждаемой теме группу;
- решить вопросы фиксации идей;
- выбрать лидеров, хорошо знакомых с обсуждаемой темой, ознакомить их с ней, чтобы они могли заранее ее обдумать, провести разминку группы, используя нейтральную тему, в течение 5-10 минут, после чего перейти к заданной теме, организовать осуществление «мозгового штурма», когда каждый имеет возможность высказаться по обсуждаемой теме, высказывания каждого должны фиксироваться;
- руководитель группы высказывает свое мнение последним, чтобы не навязывать его;
- провести обработку результатов обсуждения.

5.3. Диаграмма сродства

Диаграмма сродства – это инструмент, позволяющий выявить основные нарушения процесса путем объединения сродственных устных данных. Ее называют КJ-методом (по имени ее создателя Дэниро Кавакита).

Основные принципы построения диаграммы сродства показаны на рис. 5.1.

Процедура построения диаграммы: сформулировать тему, для которой будут собираться данные во время «мозгового штурма» группы из 6-8 человек. Каждое сообщение должно регистрироваться на карточке. Задача заключается в том, чтобы сгруппировать родственные данные. Для этого нужно собрать карточки, которые кажутся родственными, в отдельные группы. Затем нужно найти направленность каждой группы, которая отражает сродство каждой группы данных. Эту процедуру можно повторить, выделяя ведущие направления. Анализ заканчивается, когда данные будут сгруппированы с подходящим количеством ведущих направлений.

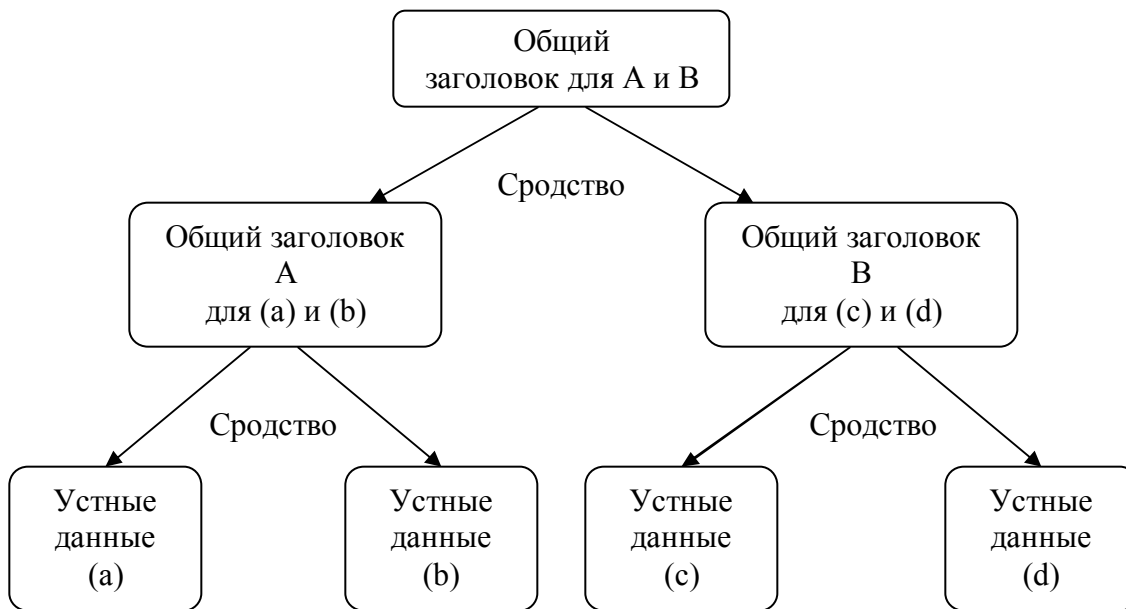


Рис. 5.1. Принципы построения диаграммы сродства

5.4. Диаграмма связей

Диаграмма связей – инструмент позволяющий выявить логические связи между основной проблемой и различными данными. Диаграмма позволяет выявить основные причины нарушения процесса. Есть некоторое сходство между диаграммой связей и причинно-следственной диаграммой. Диаграмма связей в основном является логическим инструментом, в то время как для причинно-следственной диаграммы используются числовые данные, характеризующие причины. Диаграмма связей используется в следующих случаях:

- исследуемая проблема очень сложна, связи между отдельными идеями не могут быть установлены при помощи обычного обсуждения;
- рассматриваемая проблема является частью более фундаментальной незатронутой проблемы;
- когда временная последовательность, в соответствие с которой делаются шаги, является решающей.

Принцип построения диаграммы связей показан на рисунке 5.2.

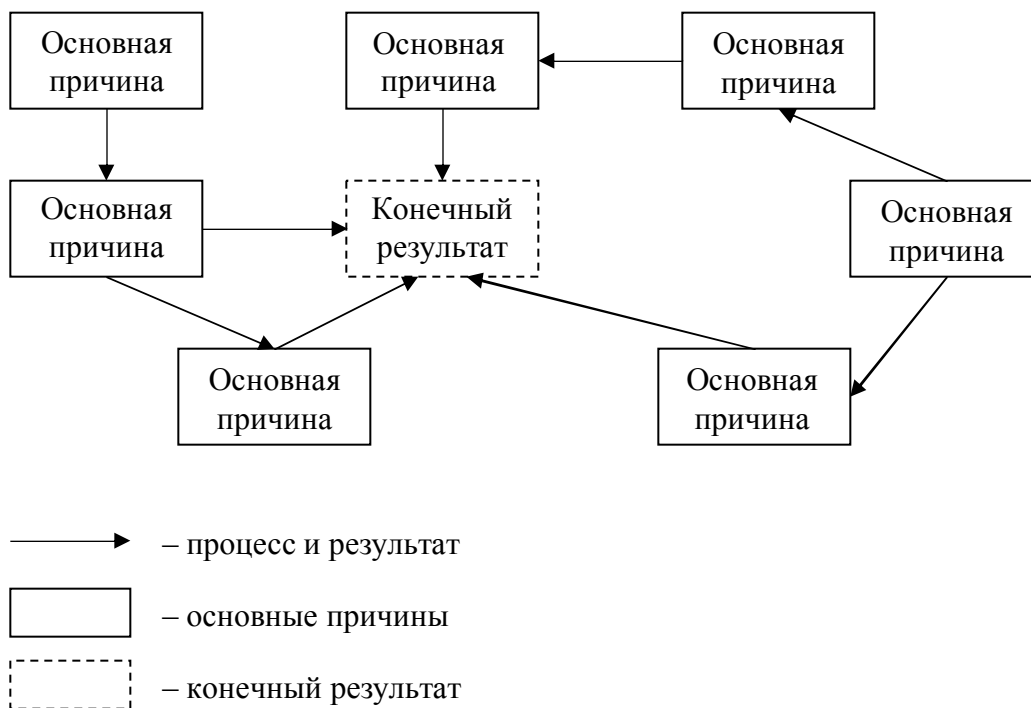


Рис. 5.2. Принципы построения диаграммы связей

5.5. Древоидная диаграмма

Древоидная диаграмма или систематическая диаграмма – инструмент, обеспечивающий систематический путь решения существенной проблемы.

Принцип построения древоидной диаграммы показан на рис. 5.3.

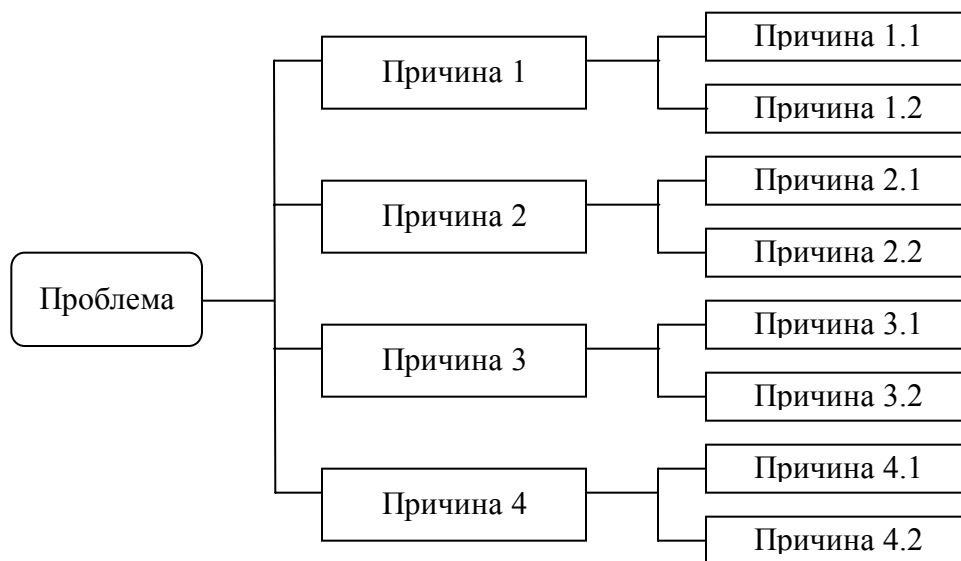


Рис. 5.3. Принцип построения древоидной диаграммы

Древоидная диаграмма может использоваться:

- когда неясно сформулированные пожелания потребителя в отношении продукции, преобразуются в пожелание на управляемом уровне;
- когда необходимо исследовать все возможные аспекты исследуемой проблемы;

- когда краткосрочные цели должны быть достигнуты раньше результатов всей работы, т. е. на этапе проектирования.

5.6. Матричная диаграмма

Матричная диаграмма – это инструмент, выявляющий важность различных связей, причем логические связи между элементами могут быть проиллюстрированы.

Матричные диаграммы называют *матрицами связей*. На рис. 5.4 показана матрица связей между компонентами объектов А и В. Связь между компонентами объектов А и В изображается с помощью специальных символов, характеризующих степень тесноты связи.

А	В					
	b ₁	b ₂	b ₂	b ₂	b ₂	b ₂
a ₁		△				
a ₂						⊙
a ₃			⊙			
a ₄						○
a ₅		○				
a ₆						

Рис. 5.4. Матрица связей

a₁, a₂, ..., a_i, b₁, b₂, ..., b_j – компоненты исследуемых объектов А и В, которые характеризуются различной теснотой связей ⊙ – сильные, ○ – средние, △ – слабые

Матричные диаграммы могут быть представлены и в другом виде. На рис. 5.5,а представлена матричная диаграмма в виде L-формы или таблицы качества. На рис. 5.5,б представлена матричная диаграмма в виде Т-карты, на рис. 5.5,в представлены матричная диаграмма в виде Х-карты.

Матричная диаграмма является важнейшей среди семи инструментов качества, она является основной «Дома Качества» (см. пункт 5.10). Эта диаграмма служит для организации большого количества данных, так что логические связи между различными элементами могут быть графически проиллюстрированы. Матричная диаграмма L-формы является базовой формой диаграммы связей и наиболее часто встречается на практике, особенно при развертывании функции качества. Работу по осуществлению развертывания функции качества могут осуществлять кружки контроля качества, рекомендуется, чтобы каждый участник группы качества заполнил матрицу самостоятельно, чтобы можно было сравнить результаты.

A	B						
	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	b ₅	b ₆	b ₇
a ₁							
a ₂							
a ₃							
a ₄							
a ₅							
a ₆							
a ₇							

a

a ₇								
a ₆								
a ₅								
a ₄								
a ₃								
a ₂								
a ₁								
A	B	B ₁	b ₂	b ₃	b ₄	b ₅	b ₆	b ₇
C								
c ₁								
c ₂								
c ₃								
c ₄								
c ₅								
c ₆								
c ₇								

б

									a ₇								
									a ₆								
									a ₅								
									a ₄								
									a ₃								
									a ₂								
									a ₁								
									A	B							
									C								
d ₇	d ₆	d ₅	d ₄	d ₃	d ₂	d ₁	D	B		b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	b ₅	b ₆	b ₇	
									c ₁								
									c ₂								
									c ₃								
									c ₄								
									c ₅								
									c ₆								
									c ₇								

в

Рис. 5.5. Примеры матричных диаграмм

Матричные диаграммы в виде Т-формы и Х-карты являются комбинациями матричной диаграммы в виде L-формы.

5.7. Стрелочная диаграмма

Стрелочная диаграмма – инструмент, позволяющий спланировать оптимальные сроки всех необходимых работ для скорейшей и успешной реализации поставленной цели.

Стрелочная диаграмма – это диаграмма хода проведения работ. На диаграмме наглядно видны порядок и сроки проведения различных этапов, диаграмма применяется при разработке различных проектов и планировании производства. Стрелочная диаграмма строится либо в виде так называемой диаграммы Ганта (Gantt), либо в виде сетевого графика.

5.8. Диаграмма процесса осуществления программ (PDPC)

Диаграмма PDPC – используется для оценки сроков и целесообразности проведения работ по выполнению программы в соответствии со стрелочной диаграммой с целью их корректировки в ходе выполнения.

На рис. 5.6 показан пример PDCA для анализа процесса от момента принятия заказа от потребителя до момента установки у него готовой системы при минимально возможном времени, получившим название *lead time* («мертвое» время), в течение которого производитель не только не получает прибыль, а наоборот, вынужден расходовать свои средства, которые могут быть компенсированы потребителям, только после того, как продукт будет им приобретен.

PDCA применяются при решении сложных проблем в области научных разработок и производства, при получении крупных заказов.

5.9. Матрица приоритетов

Матрица приоритетов применяется для обработки большого количества данных, представленных в виде матричных диаграмм, с целью выявления приоритетных данных. Этот метод аналогичен статистическому методу, называемому *методом главных компонент*, который используется для анализа многовариантных данных. Этот инструмент управления качеством применяется на практике довольно редко и требует хороших знаний по математической статистике.

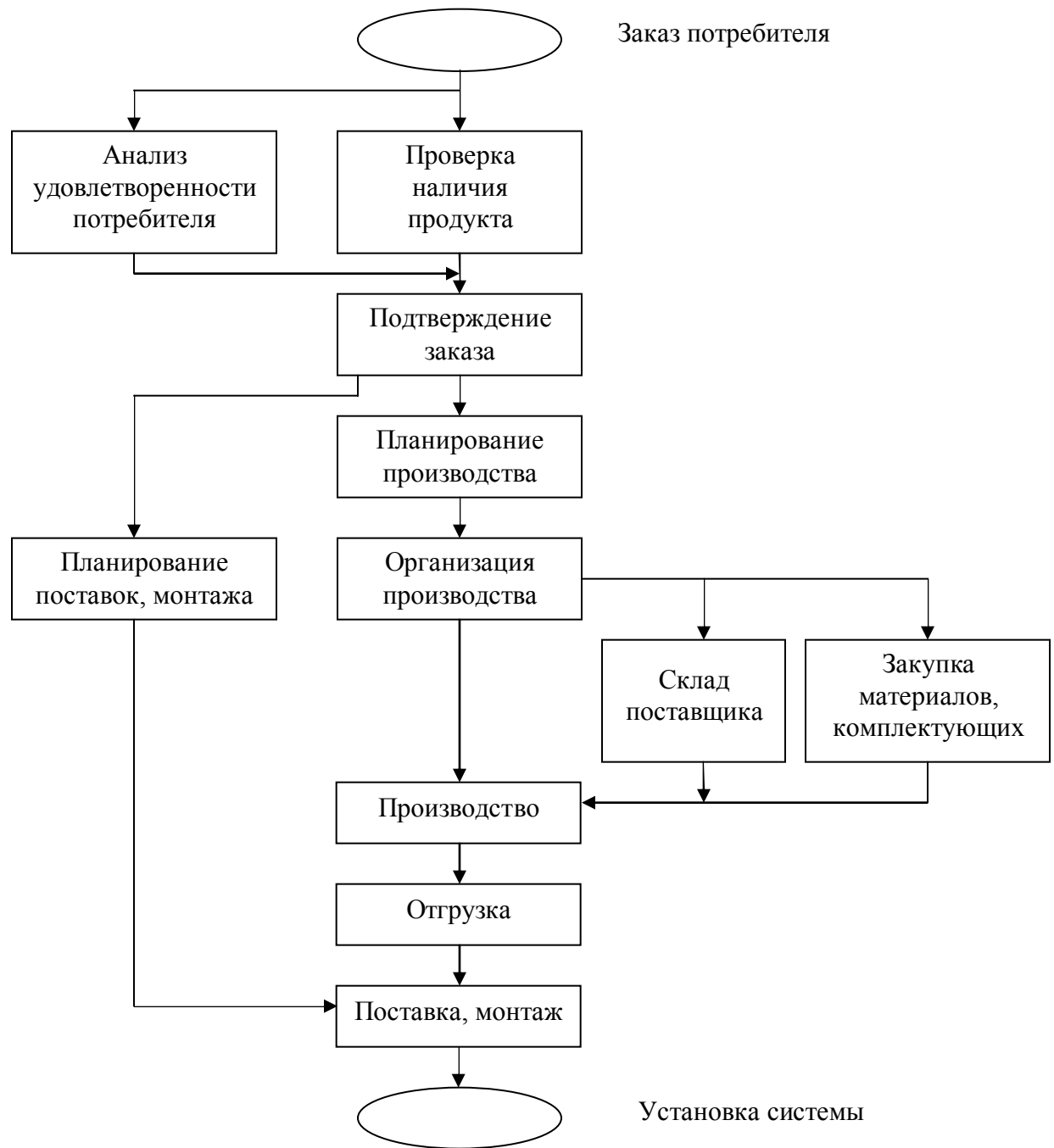


Рис. 5.6. Схема процесса выполнения заказа потребителя

5.10. Процесс развертывания функции качества (OFD)

Процесс развертывания функции качества включает в себя следующие основные этапы.

Этап 1. Уточнение требований потребителя. Потребитель формулирует свои требования, как правило, в абстрактной форме. Например, «легкий телефон». Такие требования называют «голосом потребителя». Задача заключается в том, чтобы с помощью различных методов преобразовать «голос потребителя» в инженерные характеристики продукта. Насколько успешно будет решена эта задача, зависит от понимания производителем двух проблем:

- что требует потребитель от продукта;

- как продукт будет использоваться потребителем.

Этап 2. Перевод требований потребителя в параметры качества продукта.

При переводе требований потребителя в параметры качества продукта необходимо ответить на вопрос «Как сделать?», т. е. воплотить в жизнь требования потребителя («Что сделать?»).

Этап 3. Выявление тенденций связи между требованиями потребителя и параметрами качества. Исследованию взаимосвязи помогают матричные диаграммы связей (таблицы качества).

Этап 4. Выбор цели, т. е. выбор таких значений параметров качества создаваемого продукта, которые не только будут соответствовать ожиданиям потребителя, но и обеспечивать конкурентоспособность продукта на рынке.

Этап 5. Установление рейтинга важности пожеланий потребителя и возможности планируемых показателей качества.

Существует много различных способов опроса потребителей, для уточнения рейтинга важности наиболее распространенными являются методы:

- письменное анкетирование потребителя при помощи заранее подготовленной анкеты;
- личное анкетирование потребителя (в том числе и по телефону);
- групповое обсуждение в коллективах;
- наблюдение за потребителем и выслушивание его мнений в процессе проводимых выставок и конференций.

5.11. Концепция «Дома Качества»

При разворачивании функции качества (OFD) используются матричные диаграммы, которые по форме напоминают дом, поэтому их часто называют Домом Качества.

Концепция Дома Качества в общем виде представлена на рис. 5.7.

Корреляционная матрица, напоминающая по своей форме крышу дома, заполняется символами, указывающими на положительную или отрицательную корреляционную связь между соответствующими техническими характеристиками продукта с точки зрения потребителя.

Дом Качества называют также Матрицей Планирования Продукта.

На различных этапах проектирования и производства продукта применяется серия матричных диаграмм, также называемых Домом Качества.

Одной из составляющих Дома Качества является оценка конкурентов. Для наглядности строят диаграмму справа от матрицы. Конкуренты оцениваются потому, насколько полно они способны выполнить каждое потребительское требование. Сравнение конкурентов называется *процедурой бенчмаркинга*, т. е. сопоставимой оценки



Рис. 5.7. Концепция «Дома Качества»

Полностью развернутая функция качества включает четыре этапа:

- планирование продукта;
- проектирование продукта;
- проектирование процесса;
- проектирование производства.

5.12. Сферы приложения методов управления качеством

Семь инструментов управления и процесс развертывания функции качества (OFD) находят применение в различных областях: в процессе разработки продукта (продукции), в ходе технологической подготовки производства, в ходе производства при возникновении различных проблем OFD помогает осуществлению концепции TQM. Практическая реализация OFD требует применение не только семи инструментов управления, но и семи инструментов контроля качества. Семь инструментов управления качеством используются при управлении любой компании или фирмы и позволяют анализировать проблемы, возникшие в ходе их деятельности. Они позволяют следить за различными процессами, например, за выполнением заказа потребителя (рис. 5.6), осуществлять программу обеспечения получения потребителем гарантированного заказа. Рассмотренные методы управления качеством используются в различном бизнесе: в гостиничном, торговом, почтовом, в сфере общественного питания и др. Методы управления качеством позволяют контролировать весь процесс взаимодействия «Поставщик–Потребитель», проверить уровень потребительской удовлетворенности. Результаты обследования степени

удовлетворенности потребителей являются главным компонентом в процессе самоконтроля компании, фирмы, которые должны постоянно улучшать свою деятельность. Самоконтроль позволяет компании определить стратегическое направление своей деятельности в борьбе за потребителя.

Сертификация производства проводится с целью определения его соответствия элементам системы качества, обеспечивающим стабильность характеристик продукции.

Производство – это совокупность технологических систем и систем обеспечения их функционирования. К системам, обеспечивающим функционирование технологических систем, относятся системы метрологического обеспечения, технологического обслуживания и ремонта и др.

Основные этапы сертификации производства:

- подача в орган по сертификации заявки на сертификацию производства;
- экспертиза исходных материалов;
- составление рабочей программы проверки;
- проверка производства;
- принятие решения о рекомендации производства к сертификации;
- принятие решения о сертификации производства;
- инспекционный контроль сертифицированного производства.

Окончательное решение о регистрации сертификата в Реестре принимает Технический Центр Регистра. Срок действия сертификата не трех лет. Инспекционный контроль сертифицированного производства проводится один раз в год.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Повышение качества продукции для нашей страны является одной из актуальных задач.

Высокое качество производимой продукции повышает эффективность экономики, повышает конкурентоспособность продукции, расширяет ее экспорт, повышает авторитет страны на мировом рынке. Управление качеством, выделившись в 20-е годы 20 века в отдельную дисциплину, в настоящее время органически влилось в общий менеджмент организации. Япония занимается управлением качества с 50-х годов 20 века, США – с начала 80-х годов.

Российским фирмам предстоит, используя опыт передовых стран, как можно быстрее внедрять на предприятиях системы качества, соответствующие стандартам ISO серии 9000. Управление качеством тесно связано с другими управленческими дисциплинами, в частности с управлением проектами, персоналом, производством.

Учебное пособие может использоваться для самостоятельной работы студентами направления «Проектирование и технология ЭС» и специальности «Проектирование и технология РЭС»

Библиографический список литературы

1. Глудкин О.П. Всеобщее управление качеством / О.П.Глудкин, Н.М.Горбунов, А.И.Гуров, Ю.В.Зорин. – М.: Горячая линия – Телеком, 2001. – 600
2. Глудкин О.П. Управление качеством электронных средств. – М.: Высшая школа, 1994. – 410 с.
3. Абомелик Т.П. Управление качеством электронной аппаратуры: Учебное пособие / Т.П.Абомелик. – Ульяновск: УлГТУ, 1997. – 327 с.
4. Ефимов В.В. Статистические методы управления качеством: Учебное пособие / В.В.Ефимов. – Ульяновск: УлГТУ, 2003. – 138 с.
5. Ефимов В.В. Управление качеством: Учебное пособие / В.В.Ефимов. – Ульяновск: УлГТУ, 2000. – 232 с.

Учебное издание

АБОМЕЛИК Татьяна Павловна

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ
Учебно-методический комплекс
Редактор Н. А. Евдокимова

Подписано в печать 24.02.2004. Формат 60×90/8.

Бумага офсетная. Печать трафаретная. Усл.печ.л. 18,00.

Уч.-изд.л. 15,00. Тираж 2000 экз. (1-й завод 1 – 250) Заказ .

Ульяновский государственный технический университет,
432027, г. Ульяновск, ул. Сев. Венец, д. 32.

Типография УлГТУ, 432027, г. Ульяновск, ул. Сев. Венец, д. 32.