

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ
«ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ – УЧЕБНО-
НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ КОМПЛЕКС»
УЧЕБНО-НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Кафедра «Электроника, вычислительная техника и
информационная безопасность»

О.А. Лобода

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ
КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

Дисциплина – ОПД.Ф.12 «Управление качеством электронных
средств»

Специальность – 210201.65 «Проектирование и технология
радиоэлектронных средств»

Орел 2012

Автор: ассистент кафедры «ЭВТИБ» О.А.Лобода

Рецензент: к.т.н., доцент кафедры «Электроника, вычислительная техника и информационная безопасность» О.А. Воронина

Конспект лекций «Управление качеством электронных средств» предназначен для студентов, обучающихся по специальности 210201.65 «Проектирование и технология радиоэлектронных средств», изучающих дисциплину «Управление качеством электронных средств» и смежных с ними.

Конспект лекций «Управление качеством электронных средств» рассмотрен и одобрен

на заседании кафедры «ЭВТИБ» «_____» _____ 2012 г., протокол № _____,

зав. кафедрой ЭВТИБ, д.т.н., профессор _____ В.Т. Еременко;

на заседании УМС ФВО «___» _____ 2012г., протокол № _____

председатель УМС ФВО, к.э.н., доцент _____ Е.Л. Долгих

СОДЕРЖАНИЕ

ЛЕКЦИЯ 1. <i>Вводная лекция. Методологические и теоретические основы системы управления качеством</i>	7
1. ВВЕДЕНИЕ В ДИСЦИПЛИНУ	7
2. ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОНЯТИЯ «КАЧЕСТВО»	9
3. ЭКОНОМИЧЕСКОЕ И СОЦИАЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА	10
4. ЦИКЛ ЭДВАРДА ДЕМИНГА.....	12
ЛЕКЦИЯ 2. <i>Классификация показателей качества</i>	16
1. ПОНЯТИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ КАЧЕСТВА	16
2. ЕДИНИЧНЫЕ, КОМПЛЕКСНЫЕ, БАЗОВЫЕ И ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ.....	17
ЛЕКЦИЯ 3. <i>Номенклатура показателей качества (часть 1)</i>	21
ВВОДНАЯ ЧАСТЬ ЛЕКЦИИ. ПОНЯТИЕ НОМЕНКЛАТУРНОЙ ГРУППЫ.....	21
1. ПОКАЗАТЕЛИ НАЗНАЧЕНИЯ.....	22
2. ПОКАЗАТЕЛИ НАДЕЖНОСТИ. ПОКАЗАТЕЛИ ЭКОНОМНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕСУРСОВ.....	24
3. ЭРГОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ. ЭСТЕТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ.....	33
ЛЕКЦИЯ 4. <i>Номенклатура показателей качества (часть 2)</i>	35
1. ПОКАЗАТЕЛИ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ.....	35
2. ПОКАЗАТЕЛИ ТРАНСПОРТАБЕЛЬНОСТИ. ПОКАЗАТЕЛИ СТАНДАРТИЗАЦИИ И УНИФИКАЦИИ. ПАТЕНТНО-ПРАВОВЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ	38
3. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ. ПОКАЗАТЕЛИ СТОЙКОСТИ К ВНЕШНИМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ И БЕЗОПАСНОСТИ.....	43
ЛЕКЦИЯ 5. <i>Методы оценки уровня качества</i>	47
1. МЕТОДЫ ОЦЕНКИ УРОВНЯ КАЧЕСТВА.....	47

2.	ЗАДАЧИ, РЕШАЕМЫЕ С ПОМОЩЬЮ ОЦЕНКИ УРОВНЯ КАЧЕСТВА	51
3.	МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗНАЧЕНИЙ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА	53
	ЛЕКЦИЯ 6. <i>Факторы и условия, влияющие на обеспечение качества</i>	57
1.	ФАКТОРЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА	57
2.	УСЛОВИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА	61
3.	ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ	62
	ЛЕКЦИЯ 7. <i>Системы менеджмента качества</i>	64
1.	СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА.....	64
2.	СТАНДАРТЫ НА СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА	66
3.	ТРЕБОВАНИЯ К СИСТЕМАМ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА. ОСНОВНЫЕ СОСТАВЛЯЮЩИЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА	69
4.	ВСЕОБЩЕЕ УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ (TQM).....	71
	ЛЕКЦИЯ 8. <i>Контроль качества электронных средств</i>	73
1.	ВИДЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ. КЛАССИФИКАЦИЯ ВИДОВ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ	73
2.	КОНТРОЛЕПРИГОДНОСТЬ КОНСТРУКЦИЙ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ИХ ПРОИЗВОДСТВА.....	87
3.	ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕСТОПРИГОДНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ, ИХ КОНТРОЛЬ И ДИАГНОСТИКА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ.....	106
4.	ПОНЯТИЕ БРАКА. ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РЕМОНТОПРИГОДНЫХ И ТЕСТОПРИГОДНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ	108
	ЛЕКЦИЯ 9. <i>Инструменты контроля качества (часть 1)</i>	112

1. НАЗНАЧЕНИЕ ИНСТРУМЕНТОВ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА.	112
2. КОНТРОЛЬНЫЙ ЛИСТОК.....	114
3. ГИСТОГРАММА.....	115
ЛЕКЦИЯ 10. <i>Инструменты контроля качества (часть 2)</i>	120
1. ДИАГРАММА РАЗБРОСА	120
2. СТРАТИФИКАЦИЯ.....	127
ЛЕКЦИЯ 11. <i>Инструменты контроля качества (часть 3)</i>	131
1. ДИАГРАММА ИСИКАВЫ	131
2. ДИАГРАММА ПАРЕТО.....	134
3. КРУЖКИ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА.....	142
ЛЕКЦИЯ 12. <i>Статистическое регулирование технологических процессов (часть 1)</i>	146
1. СТАТИСТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ. КАРТЫ КОНТРОЛЯ ПО КОЛИЧЕСТВЕННОМУ ПРИЗНАКУ	146
ЛЕКЦИЯ 13. <i>Статистическое регулирование технологических процессов (часть 2)</i>	165
1. СТАТИСТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ. КАРТЫ КОНТРОЛЯ ПО КАЧЕСТВЕННОМУ И АЛЬТЕРНАТИВНОМУ ПРИЗНАКАМ	165
ЛЕКЦИЯ 14. <i>Статистический приемочный контроль</i>	171
1. СТАТИСТИЧЕСКИЙ ПРИЕМОЧНЫЙ КОНТРОЛЬ.....	171
2. ПРИНЦИПЫ СТАТИСТИЧЕСКОГО ПРИЕМОЧНОГО КОНТРОЛЯ	173
3. ПЛАНЫ КОНТРОЛЯ	174
4. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ ...	183
ЛЕКЦИЯ 15. <i>Определение и роль сертификации. Российская система сертификации РОСС</i>	187
1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ И РОЛЬ СЕРТИФИКАЦИИ	187

2.	РОССИЙСКАЯ СИСТЕМА СЕРТИФИКАЦИИ РОСС	188
3.	ОСНОВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ ПО СЕРТИФИКАЦИИ, ДЕЙСТВУЮЩИЕ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ	191
	ЛЕКЦИЯ 16. <i>Схемы сертификации</i>	195
1.	ОСНОВНЫЕ СХЕМЫ СЕРТИФИКАЦИИ ISO.....	195
2.	ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СХЕМЫ СЕРТИФИКАЦИИ РОСС	202
	ЛЕКЦИЯ 17. <i>Сертификация систем менеджмента качества и производств</i>	209
1.	СЕРТИФИКАЦИЯ СИСТЕМ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА И ПРОИЗВОДСТВ	209
2.	НОРМАТИВНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И ЭТАПЫ ПРОЦЕССА СЕРТИФИКАЦИИ СИСТЕМ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА И ПРОИЗВОДСТВ	217
	СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	222

ЛЕКЦИЯ 1. Вводная лекция. Методологические и теоретические основы системы управления качеством

Изучаемые вопросы:

1. Введение в дисциплину.
2. Определения понятия «качество».
3. Экономическое и социальное значение повышения качества.
4. Цикл Эдварда Деминга.

1. ВВЕДЕНИЕ В ДИСЦИПЛИНУ

В условиях насыщенного товарами рынка успех любого предприятия определяется тем, в какой степени выпускаемое изделие или оказываемые услуги удовлетворяют требованиям и ожиданиям потребителя. Именно эта степень и определяет устойчивый спрос на продукцию и соответствует понятию «качество».

Таким образом, **качество** – главный критерий конкурентоспособности предприятия. Учитывая сложный характер понятия «качество» и постоянно изменяющееся представление о нем потребителя, перед предприятиями-изготовителями стоит задача обеспечения требуемого уровня качества и управления им на всех этапах жизненного цикла изделия. Для этого необходимо наличие соответствующих знаний в области управления качеством у всех работников предприятия. Особенно у управленческого и инженерно-технического персонала.

В курсе «Управление качеством электронных средств» будут рассмотрены следующие вопросы:

- 1) классификация показателей качества,
- 2) методы оценки уровня качества и определения значения показателей качества,

- 3) инструменты контроля качества,
- 4) основы и принципы всеобщего управления качеством,
- 5) анализ основных причин отказа электронных средств и мер по их предотвращению,
- 6) стандартизация в области управления качеством,
- 7) правила и процедуры сертификации продукции и систем менеджмента качества.

Понятию «качество» присущи несколько категорий, каждая из которых акцентирует внимание на отдельных его характеристиках.

Различают:

- математическую,
 - производственную,
 - экономическую,
 - социальную,
 - философскую
- и техническую категории качества.

Категория качества как философская категория 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».

Таким образом, качество как философская категория – это характеристика отличия объекта от всех других объектов.

Качество как производственная категория в первую очередь характеризует качество изделия, поскольку качество изделия формируется в процессе производства. При этом производятся затраты и получается определенная выгода.

Качество как математическая категория может быть выражено и оценено количественно через показатели качества.

Качество как экономическая категория – это овеществленный результат производственной деятельности людей.

Кроме того, любые изделия создаются не только как материальные ценности для одного человека, но и для общества в целом. Таким образом, качество как социальная категория определяет влияние объектов качества на развитие общества.

И, наконец, качество как техническая категория – это совокупность свойств. Данный аспект понятия качества будет рассмотрен на следующей лекции.

2. ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОНЯТИЯ «КАЧЕСТВО»

Существует несколько определений качества, которые, в целом, похожи, но, тем не менее, имеют ряд отличий.

Определения качества:

1. Согласно ГОСТ 15467–79. «Управление качеством продукции. Основные понятия, термины и определения», **качество продукции** – это совокупность свойств продукции, обуславливающих ее пригодность удовлетворять установленные потребности в соответствии с ее назначением.

2. Согласно ГОСТ Р ISO 9000:2008 «Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь», **качество** – степень соответствия присущих характеристик требованиям.

Кроме того, **качество** можно рассматривать как меру технического и эксплуатационного совершенства изделия.

Мы видим, что согласно международному определению понятие качества относится не только к продукции. В связи с этим возникает понятие **объект качества**.

Согласно ISO 8402 **объектом качества** может быть:

1. деятельность или процесс (например, образовательная деятельность, образовательный процесс);
2. продукция (как результат деятельности или процесса, может быть материальной (реальное изделие), нематериальной (информация), комбинацией из них);
3. организация, система или отдельное лицо;

Под **системой** понимается совокупность отдельных составляющих, у которых есть общая цель.

4. любая комбинация из предыдущих трех объектов качества.

3. ЭКОНОМИЧЕСКОЕ И СОЦИАЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА

Мы живем в мире из произведенных человеком объектов. Благосостояние общества определяется производством. Эффективность производства определяется отношением полученных результатов и произведенных затрат.

Таким образом, эффективность производства может быть повышена **двумя способами**:

- 1) уменьшением издержек;
- 2) повышением общественной значимости результатов труда.

Значимость результатов может возрастать как за счет увеличения количества продукции, так и ее качества. Первый путь менее перспективен ввиду ограниченности ресурсов, что является основной проблемой современного общества. Лучший вариант – если заданный объем потребности можно удовлетворить меньшим количеством продукции при более высоком ее качестве.

Но рост качества продукции имеет **ограничители двух видов**: научно-технический потенциал общества и степень развития производства, которые

выражают величину затрат общественного труда, необходимого для создания и эксплуатации изделия. Таким образом, обществу небезразлично количество труда, необходимое для обеспечения какого-либо уровня качества. С экономической точки зрения выгодно не любое повышение качества, а только такое, которое соответствует общественным потребностям и удовлетворяет их с наименьшими затратами. Поэтому качество необходимо каким-то образом ограничить сверху.

Снижать качество продукции также невыгодно. По мере снижения качества продукции возрастает необходимость дополнительных затрат труда в обществе на удовлетворение соответствующей потребности. Так, при снижении надежности и срока службы технических устройств возрастают расходы на ремонт и техническое обслуживание. Если это касается бытовой техники, то возрастают потери рабочего и свободного времени, возникающие из-за необходимости ее ремонта.

В большинстве случаев улучшение качества способствует увеличению потребления и производства. Причем новое более высокое качество не только предназначено для удовлетворения возрастающих потребностей, но и способствует возникновению новых, происходит стимуляция уровня жизни людей.

Определим понятие **социально необходимого качества**. Важно не просто качество основной массы данной продукции, не любой уровень ее общественной полезности, а такой уровень, который необходим для общества на данном этапе его развития с учетом реально имеющихся потребностей. Мерой общественной полезности продукта является социально необходимое качество.

Под **социально необходимым качеством** понимают такой уровень потребительских свойств продукции, который обеспечивает удовлетворение общественных и индивидуальных потребностей при наиболее эффективном использовании всех видов ресурсов, имеющихся в распоряжении общества.

Качество продукции тогда будет социально необходимым, когда его уровень будет находиться в пределах реализуемой общественной полезности, а затраты труда на производство продукта будут регулироваться средним соотношением общественных затрат на единицу потребительной стоимости. Повышение качества продукции в рамках общественно необходимого уровня должно сопровождаться снижением затрат в расчете на единицу полезности.

Каковы границы социально-необходимого качества? Нижней границей можно считать **техническое качество**, т.е. такой его уровень, при котором продукт еще является потребительной стоимостью, а ниже этого уровня он становится вещью, которая не может удовлетворить ни одну потребность индивида и общества. Верхней границей социально-необходимого качества может быть **максимальная величина общественной потребности**, при которой качество продукции полностью выступает как общественная полезность.

В настоящее время всё большее значение приобретает социальный аспект качества, когда качество рассматривается в широком смысле – качество жизни, жизнедеятельности. Под этим понимается совокупность объектов качества: качество окружающей среды, охраны здоровья, образования и развития личности, товаров и услуг, коммуникаций и т. д.

4. ЦИКЛ ЭДВАРДА ДЕМИНГА

Американский ученый Уильям Эдвард Деминг был американским статистиком. Он ассоциируется с подъемом Японии как производственной нации и с изобретением всеобщего управления качеством (**Total Quality Management (TQM)**). Деминг поехал в Японию сразу после Второй мировой войны, чтобы помочь провести перепись населения Японии. Пока он был там, он преподавал «статистическое управление технологическим процессом» японским инженерам – совокупность методов, которые позволили им

производить высококачественные товары без дорогого машинного оборудования.

Деминг пришел к выводу, что качество можно контролировать и, следовательно, им можно управлять (причем эти слова не являются синонимами).

Сравнивая определенным образом подобранные показатели качества с их запланированными значениями, производитель обнаруживает определенное несоответствие. Затем он ищет причину этого несоответствия, осуществляет какое-либо воздействие на процесс (корректирует процесс), вновь сравнивает значения показателей с запланированными и т.д. По такому циклу осуществляется **управление качеством**.

Объектами управления качества продукции являются все элементы, образующие **петлю качества**. Под **петлей качества** в соответствии с международными стандартами ISO понимают замкнутый в виде кольца жизненный цикл продукции (рисунок 1), включающий в той или иной степени основные этапы жизненного цикла изделия.

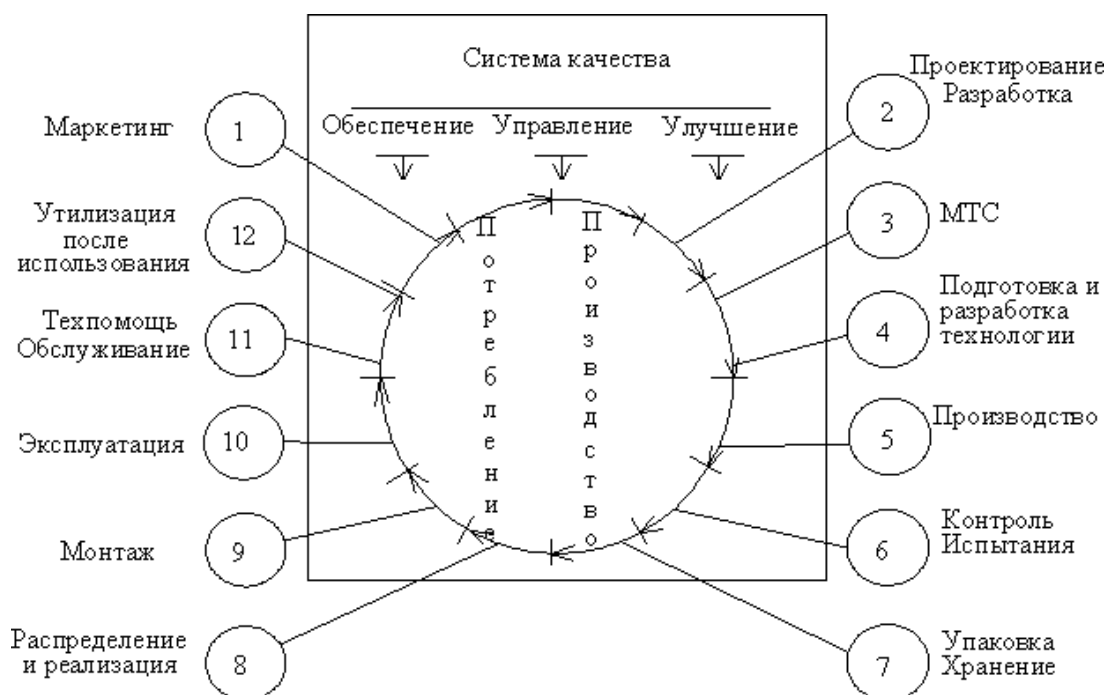


Рисунок 1 – Внешний вид петли качества

Здесь МТС – материально-техническое снабжение

С помощью петли качества осуществляется взаимосвязь изготовителя продукции с потребителем и со всеми объектами, обеспечивающими решение задач управления качеством продукции.

Управление качеством продукции осуществляется циклически и проходит через определенные этапы, **именуемые циклом Деминга**. Реализация такого цикла называется **оборотом цикла Деминга**.

Понятие цикла Деминга не ограничивается только управлением качества продукции, а имеет отношение и к любой управленческой и бытовой деятельности.

Последовательность этапов цикла Деминга показана на рисунке 2 и включает 4 этапа:

- 1) **планирование (PLAN)** – установление целей и действий необходимых для их достижений, выделение ресурсов;
- 2) **осуществление (реализация) (DO)** – выполнение запланированных работ;
- 3) **контроль (проверка) (CHECK)** – сбор информации о ходе выполнения работы;
- 4) **управление воздействием (исправление, корректировка) (ACTION)** – принятие мер по устранению отклонений, обнаруженных на предыдущем этапе.



Рисунок 2 – Внешний вид цикла Деминга

Это так называемый **pdca-цикл Деминга**. Он, как правило, присутствует при разработке и запуске процессов. Цель действий в этом цикле – приведение какого-либо объекта в требуемое состояние. Цикл повторяется многократно.

Если PLAN (планирование) заменяется на STANDARD (стандарт), то образуется другая разновидность цикла Деминга – **sdca-цикл Деминга**.

Изучаемые вопросы:

1. Понятие показателя качества.
2. Единичные, комплексные, базовые и интегральные показатели.

1. ПОНЯТИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ КАЧЕСТВА

Как было сказано на предыдущей лекции, качество как техническая категория – совокупность свойств.

Свойство – это объективная особенность изделия, проявляющаяся при его создании или эксплуатации.

Каждый вид изделия обладает своей совокупностью свойств, которая отличает его от других видов.

Свойства разделяют на простые и сложные. Сложные свойства состоят из простых.

Примеры простых свойств: безотказность, сохраняемость.

Пример сложного свойства: **надёжность** – сложное свойство, состоящее из четырех простых свойств: безотказность, сохраняемость, долговечность и ремонтпригодность.

Степень проявления одного или нескольких свойств изделия оценивают с помощью показателей качества.

Показатель качества – это количественная характеристика свойства изделия, рассматриваемая применительно к определённым условиям создания и эксплуатации изделия.

Показатели качества могут быть безразмерными или выражаться в определённых единицах. У каждого вида изделия своя номенклатура показателей качества.

Всю совокупность показателей качества продукции можно классифицировать по следующим признакам (критериям):

- по количеству характеризующих свойств (единичные и комплексные);
- по отношению к различным свойствам продукции (показатели надежности, технологичности, эргономичности и др.);
- по стадии определения (проектные, производственные и эксплуатационные);
- по методу определения (расчетные, экспериментальные, экспертные);
- по характеру использования для оценки уровня качества (базовые и относительные);
- по способу выражения (показатели, выраженные безразмерными единицами (например, баллами, процентами) и размерные).

2. ЕДИНИЧНЫЕ, КОМПЛЕКСНЫЕ, БАЗОВЫЕ И ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ

Показатель качества, характеризующий одно свойство изделия, называют **единичным**.

Показатель качества, характеризующий несколько свойств, называют **комплексным**.

Пример комплексного показателя – коэффициент готовности:

$$K_G = \frac{T_O}{T_O + T_B} \quad (1)$$

где T_O – среднее время наработки на отказ (показатель безотказности),

T_B – среднее время восстановления работоспособного состояния (показатель ремонтпригодности).

Относительно безотказности и ремонтпригодности с соответствующими показателями T_O и T_B , коэффициент готовности K_T рассматривается как комплексный показатель. Соответственно T_O и T_B как единичные показатели.

$$T_B = T_{OT} + T_Y, \quad (2)$$

где T_{OT} – среднее время отыскания неисправности.

T_Y – среднее время устранения неисправности.

Важнейшей разновидностью комплексного показателя является **интегральный показатель**, который согласно ГОСТ 15467-79 определяется отношением полезного эффекта от эксплуатации изделия к затратам на его создание и эксплуатацию.

$$I = \frac{\mathcal{E}}{Z_C + Z_{\mathcal{E}}}. \quad (3)$$

где \mathcal{E} – полезный эффект от эксплуатации изделия,

Z_C – затраты на создание изделия (или на его приобретение),

$Z_{\mathcal{E}}$ – затраты на эксплуатацию изделия.

Однако на практике под интегральным показателем понимается какой либо комплексный показатель, определяемый суммированием произведений единичных показателей на их весовые коэффициенты.

$$I = \sum_{i=1}^n K_i C_i. \quad (4)$$

где K_i – показатель качества,

C_i – соответствующий весовой коэффициент.

(Иногда вместо K_i выступает цена изделия.)

Интегральный показатель обращается в максимум при некотором оптимальном (лучшем по специально установленным критериям) соотношении эффекта от эксплуатации и затрат на его достижение. С тактической точки зрения повышение качества имеет смысл до тех пор, пока увеличивается интегральный показатель.

Величина, обратная интегральному показателю, называется **удельными затратами на единицу эффекта**.

Показатель качества, по которому принимается решение в первую очередь оценивать качество, называется **определяющим**.

Комплексный определяющий показатель называют **обобщенным**.

Комплексный показатель, который относится к группе свойств, называют **групповым**.

Значение показателя качества, которое принимается за основу при сравнительной оценке качества, называют **базовым**.

Относительное значение показателя качества – это отношение соответствующего значения показателя качества текущего оцениваемого изделия к базовому изделию.

$$K_i = \frac{A_T}{A_B}. \quad (5)$$

где A_T – текущие показатели качества (показатели качества текущего изделия),

A_B – базовые показатели качества (показатели качества базового изделия).

Значение показателя качества, от которого отсчитываются отклонения, указанные в технической документации, называется **номинальным значением**.

Отклонение фактического значения показателя от номинального значения, лежащее в пределах границ, приведённых в технической документации, называется **допускаемым отклонением**.

Выход фактического значения за установленные границы говорит о том, что изделие имеет **дефект**.

В более широком смысле с позиции всеобщего управления качеством (TQM (Total Quality Management)) **дефект** – это любое несоответствие изделия ожиданиям потребителем.

Дефекты разделяют на внутренние (скрытые) и внешние.

Внешние дефекты – это те, которые могут быть выявлены в результате простых, чаще всего разовых, замеров значений показателей качества.

Внутренние (скрытые) дефекты, соответственно, не могут быть выявлены в результате подобных замеров.

Изделия или продукты с внутренним дефектом называют **потенциально ненадёжными**.

Изучаемые вопросы:

1. Показатели назначения.
2. Показатели надежности. Показатели экономного использования ресурсов.
3. Эргономические показатели. Эстетические показатели.

ВВОДНАЯ ЧАСТЬ ЛЕКЦИИ. ПОНЯТИЕ НОМЕНКЛАТУРНОЙ ГРУППЫ

Номенклатура показателей качества продукции (НПКП) – совокупность (перечень) показателей качества продукции, выражающих её качественную определенность как объекта производства и средства удовлетворения потребностей потребителя.

НПКП должна обеспечивать:

1. сопоставление продукции с потребностями, для удовлетворения которых она предназначена,
2. обоснование необходимости постановки продукции на производство или снятие с него,
3. расчет затрат на её производство и эффективности использования,
4. расчет цены.

Можно выделить следующие номенклатурные группы показателей качества:

- 1) показатели назначения,
- 2) показатели надежности,
- 3) показатели экономного использования ресурсов,
- 4) эргономические показатели,

- 5) эстетические показатели,
- 6) показатели технологичности,
- 7) показатели транспортабельности,
- 8) показатели стандартизации и унификации,
- 9) патентно-правовые показатели,
- 10) экологические показатели,
- 11) показатели безопасности,
- 12) показатели стойкости к внешним воздействиям,
- 13) экономические показатели.

Существуют стандарты, регламентирующие НПКП для различных видов продукции.

Эти стандарты используются при решении различных задач, связанных с управлением качеством: при оценке технического уровня и качества, при разработке стандартов, технических условий, при сертификации продукции.

Стандартам, содержащим перечень показателей качества отдельных видов продукции, присвоен заголовок «Система показателей качества продукции» и общий номер 4.

Например, ГОСТ 4.139-85 «Система показателей качества продукции. Преобразователи энергии полупроводниковые. Номенклатура показателей».

1. ПОКАЗАТЕЛИ НАЗНАЧЕНИЯ

Показатели назначения характеризуют свойства продукции, для выполнения которых она предназначена, определяют область её применения. Эти показатели практически всегда играют главную роль при оценке качества. Каждому виду продукции присущи свои показатели назначения.

Показатели назначения делят на 2 подгруппы:

1. классификационные (характеризуют основные классификационные свойства продукции, устанавливающие принадлежность изделий к

классификационной группировке (например, тип транзистора, количество лучей осциллографа и т.д.), а так же область или способ использования (например, наземная или бортовая аппаратура)).

2. функциональные показатели (характеризуют полезную работу, которую изделие совершает или которую можно совершить с его помощью). К этой группе относятся:

а) конструктивные показатели, дающие точное представление об основных проектно-конструкторских решениях изделий (двигатели дизельные, бензиновые, электрические и т.д.) (масса и габариты);

б) эксплуатационные (например, потребляемая мощность).

Для материалов к показателям назначения относятся их состав и структура.

Показатели состава и структуры определяют содержание в продукции химических элементов, их соединений, процентное содержание определенных веществ в смеси (например, процентное содержание серы и золы в коксе и т.д.).

Примеры показателей назначения из ГОСТ 4.139-85 «Система показателей качества продукции. Преобразователи энергии полупроводниковые. Номенклатура показателей»:

- номинальная выходная активная мощность,
- номинальное выходное напряжение,
- номинальный выходной ток,
- время допустимых перегрузок,
- габаритные размеры,
- масса.

2. ПОКАЗАТЕЛИ НАДЕЖНОСТИ. ПОКАЗАТЕЛИ ЭКОНОМНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕСУРСОВ

2.1 Показатели надежности

Надежность – свойство изделия выполнять свои функции, сохраняя значения показателей качества в установленных пределах в течение определенного срока службы или определенной наработки в заданных условиях эксплуатации, хранения и транспортирования.

Надежность – это сложное свойство, которое состоит из следующих простых свойств: безотказность, долговечность, сохраняемость и ремонтпригодность. Каждому из простых свойств соответствуют свои единичные показатели качества. Кроме того, надежность характеризуется комплексными показателями качества.

1) Безотказность – свойство изделия непрерывно сохранять работоспособность в течение определенного времени или наработки.

1.1) Для неремонтируемых изделий безотказность характеризуется следующими единичными показателями:

1.1.1) Средняя наработка до первого отказа – это среднее время, которое проработает устройство до того момента, как сломается:

$$t_{cp} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N t_i, \quad (6)$$

где N – общее число наблюдаемых изделий,

t_i – наработка до первого отказа i -го изделия.

1.1.2) Вероятность безотказной работы в течение определенного времени:

$$P(t) = 1 - F(t), \quad (7)$$

где $F(t)$ – интегральная функция распределения времени работы объекта до отказа.

$$P(t) = \frac{N - m(t)}{N}, \quad (8)$$

где N – общее число наблюдаемых изделий,
 $m(t)$ – количество изделий, отказавших за время t

1.1.3) Интенсивность отказов:

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{F(t)}, \quad (9)$$

где $f(t)$ – дифференциальная функция распределения вероятности (функция плотности распределения вероятности) времени работы объекта до отказа.

$$f(t) = F'(t), \quad (10)$$

Формулу (9) можно переписать в виде:

$$\lambda(t) = \frac{N(t) - N(t + \Delta t)}{N(t) \Delta t}, \quad (11)$$

где $N(t)$ – число изделий, работоспособных к моменту времени t ,
 $N(t + \Delta t)$ – число изделий, работоспособных к моменту времени $(t + \Delta t)$,
 Δt – интервал времени.

1.2) Для ремонтируемых изделий используются:

1.2.1) Средняя наработка на отказ – технический параметр, характеризующий надёжность *ремонтируемого* прибора, устройства или

технической системы; определяется отношением суммарной наработки группы ремонтируемых изделий к суммарному числу отказов этих изделий.

$$t_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n}, \quad (12)$$

где t_i – время исправной работы изделия между $(i-1)$ -м и i -м отказами,
 n – число отказов за некоторое время t .

Формула (12) используется при испытании одного образца изделий.

Если на испытании находится N образцов в течение времени t , то t_{cp} вычисляется следующим образом:

$$t_{cp} = \frac{\sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^n t_{ij}}{\sum_{j=1}^N n_j}, \quad (13)$$

где t_{ij} – время работы j -го образца изделий между $(i-1)$ -м и i -м отказами;
 n_j – число отказов j -го образца за время t ,
 N – количество образцов.

1.2.2) Среднее значение параметра потока отказов – величина, обратная средней наработке на отказ.

Параметр потока отказов (или удельная повреждаемость) $\omega(t)$ – это отношение количества $\Delta n(t)$ отказавших единиц оборудования в интервал времени Δt к числу $m(t)$ единиц оборудования, работающих в данный отрезок времени:

$$\omega(t) = \frac{\Delta n(t)}{m(t) \Delta t}. \quad (14)$$

где $\Delta n(t)$ – количество отказавших единиц оборудования,
 Δt – интервал времени,

$m(t)$ – число единиц оборудования, работающих в данный отрезок времени.

1.2.3) Средняя продолжительность работы устройства между ремонтами показывает, какая наработка в среднем приходится на один отказ. Выражается обычно в часах.

1.2.4) Гамма-процентная наработка до отказа T_γ – это наработка, в течение которой отказ объекта не возникает с вероятностью γ , выраженной в процентах.

2) Долговечность – свойство изделия сохранять работоспособность в течение определенного времени до наступления предельного состояния с необходимыми перерывами для технического обслуживания, ремонта.

Предельное состояние характеризуется невозможностью выполнять изделием свои функции, либо снижением эффективности или безопасности. Оно оговаривается в технической документации.

Показатель долговечности тесно связан с двумя понятиями:

а) Ресурс – суммарная наработка объекта от начала его эксплуатации или его возобновления после ремонта до перехода в предельное состояние. Здесь речь идет о суммарном времени именно работы, без учета простоев.

б) Срок службы – календарная продолжительность эксплуатации от начала эксплуатации объекта или его возобновления после ремонта до перехода в предельное состояние. Здесь речь идет именно о календарном времени, независимо от того, сколько реально работало изделие.

Основными характеристиками долговечности являются средний срок службы и средний ресурс.

2.1.1) Для **восстанавливаемого** объекта средний срок службы представляет собой среднюю календарную продолжительность эксплуатации объекта от ее начала или возобновления после предупредительного ремонта до наступления предельного состояния.

2.1.2) Средний ресурс представляет собой среднюю наработку объекта от начала эксплуатации или ее возобновления после предупредительного ремонта до наступления предельного состояния.

2.2.1) Для **невосстанавливаемого** объекта эти характеристики совпадают и представляют собой среднюю продолжительность работы до отказа или до наступления предельного состояния. Практически эта величина совпадет со средней наработкой до отказа t_{cp} .

Другие показатели долговечности:

2.3) Гамма-процентный ресурс – это наработка, в течение которой объект не достигнет предельного состояния с заданной вероятностью γ , выраженной в процентах.

2.4) Назначенный ресурс – суммарная наработка, при достижении которой эксплуатация объекта должна быть прекращена независимо от его технического состояния

2.5) Гамма-процентный срок службы – календарная продолжительность от начала эксплуатации объекта, в течение которой он не достигнет предельного состояния с заданной вероятностью

2.6) Назначенный срок службы – календарная продолжительность эксплуатации объекта, при достижении которой применение по назначению должно быть прекращено.

Срок службы каждого конкретного объекта наблюдения зависит от многих случайных факторов, при этом предельное состояние объекта практически определяется его характеристиками, свидетельствующими о том, что его дальнейшая эксплуатация становится небезопасной для человека и окружающей среды, или становится экономически невыгодной.

3) Сохраняемость – свойство изделий и продуктов сохранять исправное и пригодное к потреблению состояние (т.е. сохранять значение своих показателей качества) в течение установленного в технической документации срока хранения и транспортирования, а также после него.

Выделяют следующие показатели сохраняемости объектов:

3.1) Средний срок сохраняемости – это математическое ожидание срока сохраняемости.

3.2) Гамма-процентный срок сохраняемости – это срок сохраняемости, достигаемый объектом с заданной вероятностью γ , выраженной в процентах.

3.3) Назначенный срок хранения – срок хранения, по достижении которого хранение объекта должно быть прекращено независимо от его технического состояния.

В качестве основного показателя сохраняемости рекомендуется использовать средний срок сохраняемости.

4) Ремонтпригодность – характеризует приспособленность изделия к устранению отказов путем проведения технического обслуживания и ремонта

К числу широко применяемых показателей ремонтпригодности объектов относят следующие:

4.1) Среднее время восстановления работоспособного состояния T_B – это математическое ожидание времени восстановления работоспособного состояния объекта после отказа.

4.2) Вероятность восстановления работоспособности в течение определенного времени $v(t)$ – это вероятность того, что время восстановления T_B объекта (элемента или системы) будет меньше времени t , т.е. не превысит заданного:

$$v(t) = v(T_B < t). \quad (15)$$

4.3) Вероятность невосстановления работоспособности в течение определенного времени $w(t)$ – это вероятность того, что время восстановления T_B объекта (элемента или системы) будет больше или равно времени t :

$$w(t) = w(T_B \geq t) = 1 - v(t). \quad (16)$$

4.4) Интенсивность восстановления $\mu(t)$ в момент времени t , отсчитываемый от начала восстановления – это отношение условной плотности вероятности восстановления работоспособного состояния объекта, определенной для рассматриваемого момента времени при условии, что до этого момента восстановление не было завершено, к продолжительности этого интервала:

$$\mu(t) = \frac{v(t)}{\Delta t}. \quad (17)$$

Для оценки ремонтпригодности наибольшее применение получил показатель – среднее время восстановления после отказа.

Комплексные показатели надежности.

Количественной характеристикой только одного свойства надежности служит единичный показатель.

Количественной характеристикой нескольких свойств надежности служит **комплексный показатель**. Комплексный показатель надежности количественно характеризует не менее двух основных составляющих, например, безотказность и ремонтпригодность.

Комплексные показатели надежности:

- 1) коэффициент готовности – K_G
- 2) коэффициент технического использования – $K_{ТИ}$
- 3) коэффициент оперативной готовности – $K_{ОГ}$
- 4) коэффициент планируемого применения – $K_{П}$

1) Коэффициент готовности K_G – вероятность того, что объект окажется в работоспособном состоянии в произвольный момент времени в течение срока службы, кроме планируемых периодов, в течение которых применение объекта по назначению не предусматривается (формула для нахождения коэффициента готовности приведена в лекции 2).

2) Коэффициент технического использования $K_{ТИ}$ – отношение математического ожидания интервалов времени, пребывания объекта в работоспособном состоянии за некоторый период эксплуатации к сумме математических ожиданий интервалов времени пребывания объекта в работоспособном состоянии, простоев, обусловленных техническим обслуживанием (ТО), и ремонтов за тот же период эксплуатации.

$$K_{ТИ} = \frac{T_P}{T_P + T_{ТО} + T_{рем}}, \quad (18)$$

где T_P – время пребывания изделия в работоспособном состоянии за срок службы.

$T_{ТО}$ – суммарное время технического обслуживания,

$T_{рем}$ – суммарное время ремонта

3) Коэффициент оперативной готовности $K_{ОГ}$ – вероятность того, что изделие, находясь в состоянии ожидания (т.е. когда оно исправно, но не используется) и начав в произвольный момент времени выполнение своих функций, безотказно проработает определенное время.

4) Коэффициент планируемого применения K_{II} – доля периода эксплуатации, в течение которой объект не должен находиться в плановом ТО или ремонте.

2.2 Показатели экономного использования ресурсов

Показатели экономного использования ресурсов характеризуют уровень (степень) использования в конструкции изделия и при его эксплуатации сырья, материалов, энергии или трудовых ресурсов.

Часто используются следующие показатели экономного использования ресурсов:

1) удельный расход сырья или материалов – количество сырья или материалов, которые используются в конструкции изделия,

2) потери сырья или материалов в процессе эксплуатации при регламентируемых условиях,

3) удельный расход топлива, энергии,

4) удельная трудоемкость эксплуатации,

5) КПД.

3. ЭРГОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ. ЭСТЕТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ

3.1 Эргономические показатели

Эргономические показатели характеризуют систему «человек – изделие – среда» и учитывают комплекс свойств человека, проявляющихся в производственных и бытовых процессах. Данная группа показателей может распространяться на изделие в целом и на его составные части.

К эргономическим показателям относятся:

- 1) *гигиенические* (освещенность, температура, давление, влажность),
- 2) *антропометрические* характеризуют соответствие размеров изделия или его составных частей размерам тела человека (например, размеры пультов управления)
- 3) *психофизиологические* (скоростные и силовые возможности, пороги слуха, зрения и т.п.).

Психофизиологические показатели характеризуют приспособленность изделия к возможностям органов чувств человека.

Выделяются:

- а) *Психологические* показатели – характеризуют возможность восприятия и обработки различной информации.
- б) *Физиологические* показатели – характеризуют допустимые физические нагрузки на различные органы человека.

3.2 Эстетические показатели

Эстетические показатели характеризуют:

- 1) художественную и информационную выразительность,
 - 2) рациональность формы,
 - 3) целостность композиции,
 - 4) совершенство производственного исполнения,
 - 5) стабильность товарного вида (характеристики художественных стилей, оттенков, запахов, гармоничности и т.д.).
- б) соответствие моде.

Изучаемые вопросы:

1. Показатели технологичности.
2. Показатели транспортабельности. Показатели стандартизации и унификации. Патентно-правовые показатели.
3. Экологические показатели. Экономические показатели. Показатели стойкости к внешним воздействиям и безопасности.

1. ПОКАЗАТЕЛИ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ

Технологичность характеризует приспособленность изделия к минимизации всех видов затрат при его производстве, ремонте и обслуживании.

Технологичность конструкции изделия – совокупность свойств конструкции изделия, проявляемых в возможности оптимальных затрат труда, средств, материалов и времени при технической подготовке производства, изготовлении, эксплуатации и ремонте по сравнению с соответствующими показателями однотипных конструкций изделий того же назначения при обеспечении установленных значений показателей качества и принятых условий изготовления, эксплуатации и ремонта.

Различают **производственную и эксплуатационную** технологичность.

Первая проявляется в сокращении затрат при подготовке и изготовлении изделий, **вторая** – в сокращении затрат на обслуживание и ремонт. При отработке изделия на технологичность для условий производства необходимо учитывать: объемы выпуска и уровень специализации рабочих мест, виды заготовок и методы их получения; виды и методы обработки, виды и методы сборки, монтажа, настройки, контроля и испытаний, возможность использования типовых технологических процессов, имеющегося

технологического оборудования и оснастки: возможность механизации и автоматизации процессов изготовления и технологической подготовки производства; условия материально-технического обеспечения, квалификационный уровень рабочих.

Показатели технологичности:

1) Трудоемкость (T) – суммарное время производства, определяется количеством времени, затрачиваемого на выполнение всех технологических операций при производстве изделия (измеряется в ч)

2) Материалоемкость (M) – суммарные затраты материалов (измеряется в кг).

3) Коэффициент применяемости материалов – насыщенность продукта конкретным материалом.

$$K_M = \frac{M_1}{M}, \quad (19)$$

где M – материалоемкость,

M_1 – масса определенного вида израсходованного материала

4) Энергоемкость (A) – количество электроэнергии, израсходованное на производство изделия.

5) Технологическая себестоимость – складывается из стоимости сырья, материалов и комплектующих; отчислений на амортизацию технологического оборудования; зарплаты основных производственных рабочих; стоимости специального инструмента и технологической оснастки.

Отдельной группой выделяются удельные показатели технологичности:

1) Удельная трудоемкость

$$t_{y\partial} = \frac{T}{B}, \quad (20)$$

где B – определяющий параметр продукции.

2) Удельная материалоемкость:

$$m_{y\partial} = \frac{M}{B}. \quad (21)$$

3) Коэффициент использования материалов

$$K_{им} = \frac{M_{г}}{M_{в}}, \quad (22)$$

где $M_{г}$ – масса материала в готовом изделии,

$M_{в}$ – масса этого же материала, введенного в технологический процесс.

4) Удельная энергоемкость:

$$a_{y\partial} = \frac{A}{B}. \quad (23)$$

2. ПОКАЗАТЕЛИ ТРАНСПОРТАБЕЛЬНОСТИ. ПОКАЗАТЕЛИ СТАНДАРТИЗАЦИИ И УНИФИКАЦИИ. ПАТЕНТНО-ПРАВОВЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ

2.1 Показатели транспортабельности

Показатели транспортабельности характеризуют приспособленность изделия к транспортным операциям.

К показателям транспортабельности относятся:

- 1) Средняя продолжительность подготовки продукции к транспортированию,
- 2) Средняя трудоемкость подготовки продукции к транспортированию,
- 3) Время установки изделия на транспортное средство и разгрузки с транспортного средства,
- 4) Коэффициент использования объема транспортного средства,
- 5) Стоимость установки изделия на транспортное средство и разгрузки с транспортного средства,
- 6) Стоимость перевозки.

2.2 Показатели стандартизации и унификации

Показатели стандартизации и унификации характеризуют насыщенность продукции стандартными, унифицированными и оригинальными частями, а также уровень унификации с другими изделиями.

Стандартизация и унификация предусматривают целесообразное уменьшение числа типоразмеров элементов в проектируемых и изготавливаемых изделиях.

К *стандартным* относят составные части, которые выполняются по ГОСТ.

К *оригинальным* относят те составные части, которые используются в конструкции только одного изделия.

К *унифицированным* относят:

- а) составные части, используемые в конструкции хотя бы двух изделий одного предприятия,
- б) получаемые с других предприятий,
- в) составные части, заимствованные из других разработок.

К показателям стандартизации и унификации относятся:

1) коэффициент применяемости:

$$K_{np} = \frac{n - n_0}{n}, \quad (24)$$

где n – общее количество типоразмеров составных частей изделия,
 n_0 – количество типоразмеров оригинальных составляющих.

2) коэффициент повторяемости составных частей изделия:

$$K_n = \frac{N}{n}, \quad (25)$$

где N – общее количество составных частей изделия.

3) коэффициент унификации изделия или изделий;

4) коэффициент нового оригинального конструирования;

5) коэффициент серийности;

6) коэффициент экономической эффективности стандартизации объекта;

7) коэффициент межпроектной унификации комплектов конструкции изделия – определяется для группы изделий, характеризует степень проникновения одинаковыми деталями различных изделий друг в друга, т.е. характеризует количество одинаковых изделий

$$K_{MV} = \frac{\sum_{i=1}^H n_i - z}{\sum_{i=1}^H (n_i - n_{\max})}, \quad (26)$$

где n_i – количество типоразмеров составных частей в i -м изделии,
 n_{\max} – максимальное количество типоразмеров изделий группы,
 z – общее количество неповторяющихся типоразмеров изделий группы,
 H – количество изделий группы.

Помимо выделенных показателей, также рассчитываются и исследуются коэффициенты повторяемости и унификации по конструктивным компонентам: термообработке, габаритам, радиусам, диаметрам, мощности, резьбе, фаске, материалам, напылению, окраске и другие составляющие.

Оптимальный уровень унификации устанавливается на базе экономических расчетов, учитывающих расходы по фазам жизненного цикла продукции. Таким образом, оптимальный уровень унификации назначается на базе расчета производственных и эксплуатационных расходов.

С повышением уровня унификации расходы в области производства уменьшаются, а в области эксплуатации, напротив, – возрастают, т. к. приходится использовать один и тот же унифицированный объект в различных условиях, иногда с его недогрузкой.

Поэтому оптимальный уровень унификации устанавливается на базе суммарных расходов. Эта концепция применима для продукции крупносерийного и массового производства, для которой часть расходов в области производства невелика, уровень унификации назначается по единому фактору – размеру совокупного полезного эффекта изделия на единицу общих расходов за его жизненный цикл.

По итогам изучения воздействия уровня унификации изделия на некоторые технико-экономические коэффициенты, можно делать только частные выводы и находить запасы улучшения этих коэффициентов при

условии, что другие показатели (качество, затраты у потребителя) не ухудшатся.

2.3 Патентно-правовые показатели

Патентно-правовые показатели характеризуют степень обновления технических решений, использованных в продукции, их патентную защиту, а также возможность беспрепятственной реализации продукции в нашей стране и за рубежом (количество или удельный вес запатентованных или лицензированных деталей (узлов) и т.п.).

К патентно-правовым показателям относятся:

- 1) показатели патентной защиты,
- 2) показатели патентной чистоты.

Патентная защита – юридическая защита права авторства, предпринимательской деятельности, предусматривающая оформление по закону и выдачу патентного документа на изобретение, хозяйственную деятельность.

Патентная чистота – юридически закрепленная возможность свободно использовать технический объект в данной стране без угрозы нарушения действующих на его территории патентов. В другом государстве этот объект может стать «нечистым», если он попадет под действие выданного в этой стране другому лицу патента или авторского свидетельства на подобный объект. Патентная чистота определяется в процессе патентной экспертизы.

1) **Показатель патентной защиты** характеризуют новизну технических решений, принимаемых при разработке. Он количественно характеризует число и весомость отечественных и зарубежных патентов, реализованных при создании изделия, в том числе полученных при его разработке.

Этот показатель характеризует то, насколько другим производителям будет просто повторить нашу конструкцию.

Показатель патентной защиты изделия определяется выражением:

$$n_{ПЗ} = n'_{ПЗ} + n''_{ПЗ} , \quad (27)$$

где $n'_{ПЗ}$ – показатель патентной защиты отечественными патентами:

$$n'_{ПЗ} = \frac{\sum_{i=1}^S K_i N'_i}{N} , \quad (28)$$

где $n''_{ПЗ}$ – показатель патентной защиты зарубежными патентами:

$$n''_{ПЗ} = \frac{m \sum_{i=1}^S K_i N''_i}{N} , \quad (29)$$

где в обеих формулах:

K_i – коэффициент весомости по группам значимости i -го технического решения, защищенного авторскими свидетельствами или патентами,

N'_i – количество составных частей изделия, защищенных отечественными патентами и авторскими свидетельствами, по группам значимости,

N'' – количество составных частей изделия, которые подпадают под действие отечественных и зарубежных патентов и авторских свидетельств,

N – общее количество составных частей изделия,

m – коэффициент весомости, зависящий от числа и значимости определенных стран для экспорта продукции,

S – число групп значимости.

2) Показатель патентной чистоты

$$n_{\text{ПЧ}} = \frac{N - \sum_{i=1}^S K_i N_i}{N}, \quad (30)$$

где K_i – коэффициент весомости составных частей, подпадающих под действие патентов определенной страны,

N_i – число составных частей, подпадающих под действие патентов определенной страны,

N – общее количество составных частей изделия,

S – число групп значимости.

Этот показатель характеризует возможность беспрепятственной реализации продажи изделия в определенных странах

3. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ. ПОКАЗАТЕЛИ СТОЙКОСТИ К ВНЕШНИМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ И БЕЗОПАСНОСТИ

3.1 Экологические показатели

Экологические показатели – характеризуют степень вредного воздействия на окружающую среду, возникающего при производстве и эксплуатации изделия.

К ним относятся, например:

1) содержание вредных примесей в выбросах, возникающих в результате производства изделия,

2) уровень вредных излучений при эксплуатации изделия.

3.2 Показатели безопасности

Показатели безопасности – характеризуют свойства изделия, гарантирующие его безопасность для жизни, здоровья и имущества человека. Содержатся в системах стандартов безопасности труда (ССБТ).

К ним относятся:

- 1) вероятность безопасной работы человека в течение определенного времени,
- 2) эффективность устройств защитной блокировки, отключения и сигнализации,
- 3) сопротивление и электрическая прочность изоляции токоведущих частей.

3.3 Показатели стойкости к внешним воздействиям

Показатели стойкости к внешним воздействиям – характеризуют способность изделия сохранять работоспособность под воздействием факторов окружающей среды. Они соответствуют таким свойствам как:

- 1) пылезащищенность,
- 2) влагозащищенность,
- 3) вибропрочность,
- 4) ударопрочность,
- 5) температура окружающей среды при хранении и эксплуатации.

3.4 Экономические показатели

Экономические показатели – характеризуют затраты на создание изделия, а также экономический эффект от его производства и эксплуатации, учитываемые в интегральном показателе качества продукции (различные виды затрат, себестоимость, цена и пр.), при сопоставлении различных образцов продукции – технико-экономические показатели.

При оценке качества изделий необходимо учитывать экономические показатели, которые отражают экономическую эффективность производства и (или) использования изделий.

К экономическим показателям относятся:

- 1) себестоимость продукции,
- 2) экономическая эффективность от применения продукции,
- 3) затраты на единицу продукции, цена изделия и др.

Цена – это своеобразный интегральный экономический показатель качества. Она состоит из двух аддитивных компонент – технологической $C1$, которую разработчик и производитель стремится минимизировать, и назначенной $C2$, которая определяет прибыль от реализации изделия. При этом в условиях свободных цен может иметь место одна из двух ситуаций (формулы 31, 32):

$$C1 > C2, \quad (31)$$

или

$$C1 < C2. \quad (32)$$

При нормальной экономической ситуации (превышение предложения над спросом, наличие конкуренции) неравенство (31) во времени усиливается

$$(C1 \gg C2), \quad (33)$$

и обычно компонента $C2$ составляет несколько процентов от общей суммы (34)

$$C = C1 + C2., \quad (34)$$

При монопольной экономике и отсутствии конкуренции, как правило, $C1 < C2$ (неравенство 32) и даже

$$C1 \ll C2., \quad (35)$$

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.

Изучаемые вопросы:

1. Методы оценки уровня качества.
2. Задачи, решаемые с помощью оценки уровня качества.
3. Методы определения значений показателей качества.

1. МЕТОДЫ ОЦЕНКИ УРОВНЯ КАЧЕСТВА

Необходимо обратить внимание на два документа:

- 1) ГОСТ 15.467-79 «Управление качеством продукции. Основные понятия, термины и определения».
- 2) ГОСТ 2.116-84 «ЕСКД. Карта технического уровня и качества продукции».

Согласно первому ГОСТ, **уровнем качества продукции** называется относительная характеристика его качества, основанная на сравнении совокупности показателей качества продукции с соответствующей совокупностью базовых показателей.

Базовые показатели – показатели базового или эталонного образца.

Согласно второму ГОСТ, **базовым** называется образец продукции, соответствующий передовым научно-техническим достижениям в рассматриваемый период как в нашей стране, так и за рубежом.

При оценке уровня качества *выпускаемой продукции* в качестве базовых используют лучшие существующие отечественные или зарубежные аналоги.

При оценке уровня качества *разрабатываемой продукции* за базовые принимаются некоторые перспективные гипотетические образцы, которые характеризуются прогнозируемой совокупностью реально достижимых в будущем значений показателей качества. Базовые образцы, как правило, выбираются отраслевыми НИИ.

Если при оценке уровня качества не рассматриваются экономические показатели, то это **технический уровень качества**. Если рассматриваются, то **технико-экономический**.

На рисунке 3 представлен алгоритм комплексной оценки уровня качества.

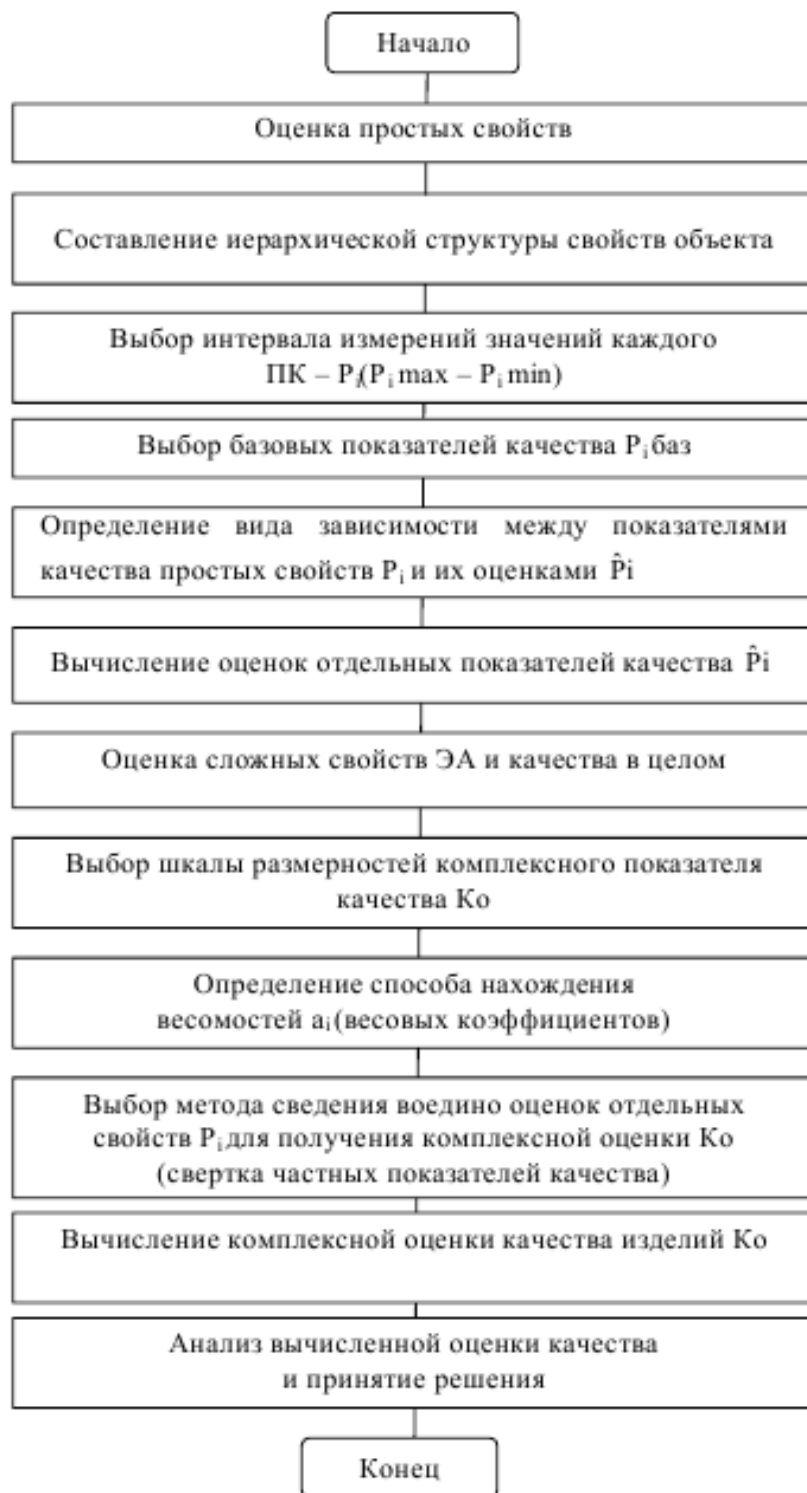


Рисунок 3 – Алгоритм комплексной оценки уровня качества.

Существуют три метода оценки уровня качества:

1. Дифференциальный. В этом методе единичные показатели качества текущего оцениваемого изделия сравниваются с единичными показателями базового изделия. При этом рассчитываются относительные показатели качества:

$$K_i = \frac{b_i}{b_{i\text{баз}}} , \quad (36)$$

$$K_i = \frac{b_{i\text{баз}}}{b_i} , \quad (37)$$

где b_i – единичный показатель оцениваемого изделия,
 $b_{i\text{баз}}$ – единичный показатель базового изделия.

Формулу (36) используют, когда увеличение показателя качества соответствует улучшению качества, формулу (37) в случае ухудшения.

Если все K_i больше или равны 1, то качество оцениваемого изделия выше либо равно базовому. Если часть K_i больше единицы, а часть меньше, то их разделяют на 2 группы. В первую относят наиболее важные показатели. Если все K_i первой группы и большая часть K_i второй группы больше 1, то качество оцениваемого изделия выше базового, если нет, то выводов с помощью дифференциального метода сделать нельзя.

2. Комплексный метод. Предусматривает использование некоторого комплексного показателя качества. Уровень качества определяется как отношение

$$K = \frac{Q}{Q_{\text{баз}}} , \quad (38)$$

где Q – комплексный показатель оцениваемого изделия,

$Q_{баз}$ – комплексный показатель базового изделия.

Вся сложность метода заключается в определении комплексного показателя. Существуют два варианта этого метода

а) когда можно выделить некую явную функциональную зависимость искомого показателя от известных единичных показателей.

$$Q=f(P_1, P_2, \dots), \quad (39)$$

б) когда явную зависимость установить невозможно, применяется взвешенные среднеарифметические показатели.

$$Q = \frac{\sum_{i=1}^n m_i P_i}{n}, \quad (40)$$

где n – количество показателей,

P_i – единичный показатель качества,

m_i – коэффициент весомости.

Дифференциальный и комплексный методы не всегда успешно решают поставленные задачи. При оценке уровня качества сложной продукции, обладающей широкой номенклатурой показателей качества, с помощью дифференциального метода невозможно сделать обобщающий вывод, т.е. оценить продукцию в целом, а с помощью комплексного метода трудно уделить внимание отдельным наиболее важным показателям.

3. Смешанный метод. В этом методе отдельные показатели качества объединяются в группы (например, номенклатурные). Для каждой группы рассчитывается комплексный показатель. При этом отдельные наиболее важные показатели в группы не объединяются и рассматриваются как

единичные. По полученной совокупности комплексных и единичных показателей определяют уровень качества дифференциальным методом.

2. ЗАДАЧИ, РЕШАЕМЫЕ С ПОМОЩЬЮ ОЦЕНКИ УРОВНЯ КАЧЕСТВА

Уровень качества – сравнительная характеристика качества данного изделия с качеством базового изделия

Оценка уровня качества – совокупность операций, включающих выбор номенклатуры показателей качества, определение значений выбранных показателей и сравнение их с базовыми значениями.

С помощью определения уровня качества решаются следующие **задачи**:

1. Контроль качества
2. Обоснование необходимости повышения уровня качества, постановки изделия на производство или снятия с производства.
3. Оценка научно-технического уровня разрабатываемых стандартов.
4. Сертификация продукции

Уровень качества может оцениваться на всех этапах жизненного цикла изделия (при разработке, производстве, эксплуатации).

Уровень качества можно характеризовать с помощью единичных и комплексных показателей. Сравнивая значения этих показателей с базовыми, можно сделать выводы:

1. качество данного изделия выше либо ниже базового
2. качество изделия соответствует или не соответствует предъявляемым требованиям.

Маркетинговый подход к оценке уровня качества

В условиях рынка качество изделия определяется не оценкой производителей этого изделия, а представлением о нем потребителей, т.е. в рамках маркетингового подхода качество – это то, что рынок считает качественным, и экономический эффект качества является определяющим среди других. Тут качество хотя и выражается через совокупность свойств, но определяется значимостью для потребителя.

При маркетинговом подходе выделяют **2 способа формирования качества:**

1. Первый способ характерен для западных производителей. Особенность – стремление не к высочайшему качеству, а лишь к такому в котором существует в данный момент потребность на рынке.

2. Второй способ характерен для японских предприятий. Особенность – стремление к наивысшему уровню качества. Производители идут на повышение текущих затрат и в некоторой степени пренебрегают текущими результатами. Однако в конечном итоге часто выигрывают, добиваясь устойчивых потребительских предпочтений своей продукции. Оправдан и существует при высочайшем технологическом и организационном уровне производства.

3. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗНАЧЕНИЙ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА

Методы определения значений показателей качества различаются по методам, способам, приемам, источникам получения информации.

Одна из классификаций методов определения значений показателей качества приведена на рисунке 4.

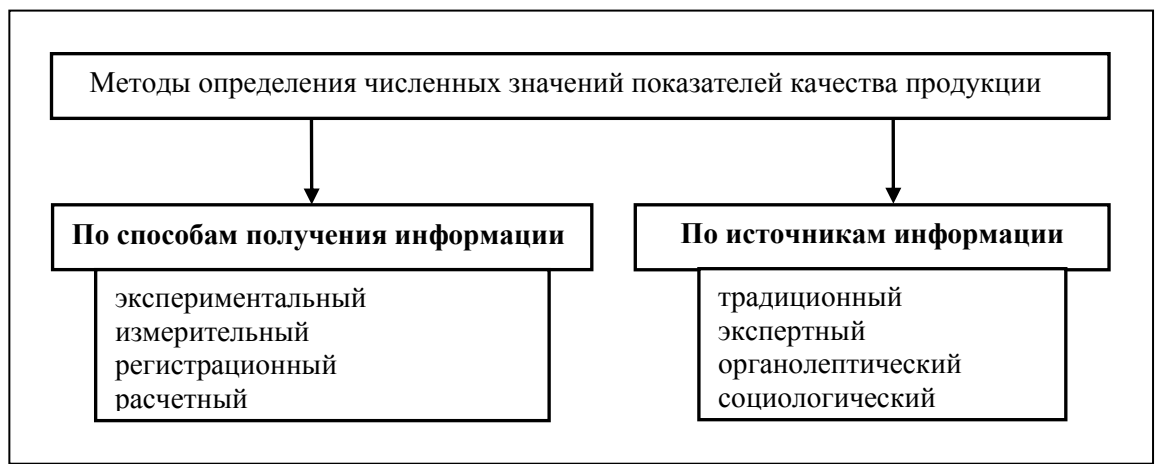


Рисунок 4 – Методы определения численных значений показателей качества продукции (одна из классификаций)

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

Методы, зависящие от источника получения информации, делятся на: традиционные, органолептические, экспертные и социологические. Две последних группы чаще всего объединяют в одну группу методов опроса.

Рассмотрим подробно эти **методы определения значений показателей качества:**

1. **Экспериментальный метод** основан на получении информации о показателях результатов проведения эксперимента (например, в период опытной эксплуатации). Естественно, что показатели при этом могут

измеряться приборами, регистрироваться, рассчитываться, определяться экспертным или иным образом.

2. **Измерительный** – получают, как правило, количественные значения показателей качества с помощью технических измерительных средств. С его помощью чаще всего определяются показатели назначения

3. **Регистрационный** – значения показателей качества получают с помощью подсчета определенных объектов или событий. С его помощью определяют значения показателей стандартизации и сертификации, надежность.

4. **Расчетный** – значения показателей качества получают с помощью различных математических операций над значениями, полученными другими методами. Требуется наличие теоретических или эмпирических зависимостей определяемого показателя от исходного. Этим методом часто пользуются при проектировании продукции, когда еще не может быть объекта физического моделирования

5. **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.

6. **Органолептический** – значения показателей определяются на основании восприятия органов чувств человека без использования технических измерительных средств. Однако допускается применение определенных усилителей органов чувств (например, микроскопа). На основании своих ощущений человек-эксперт выражает свое представление о значениях показателей, например, проставляя баллы. Точность метода сильно зависит опыта, квалификации человека определяющего параметры.

7. Метод опроса – применяется в двух формах:

- **Социологический** – основан на сборе и анализе мнений фактических и потенциальных потребителей изделия. Применяются устные опросы, в том числе по телефону, на семинарах, выставках, конференциях. Используются также специальные анкеты. Необходимо заранее разработать систему опроса и обработки результатов. Иногда применяют для определения коэффициентов отдельных показателей качества

- **Экспертный** – основан на учете мнений группы специалистов (экспертов), в которую могут входить ученые, инженеры, товароведы и т.д. Метод применяется как для определения значений самих показателей качества, так и их коэффициентов весомости. Для уменьшения субъективности оценок в состав экспертной комиссии не должны входить люди, принимавшие участие в создании оцениваемого изделия. Экспертная комиссия не должна быть мене 7 человек. Она принимает решение, проставляя баллы, либо проводя голосование. Решение считается принятым, если за него подано не мене 2/3 голосов. Одна из наиболее распространенных форм проведения экспертной оценки – **дельфийский метод**. Его достоинство в том, что он исключает влияние на конечный результат экспертов, обладающих даром убеждать других. При этом методе анонимное мнение каждого из экспертов подвергается анонимной критике со стороны других экспертов комиссии.

В дельфийском методе используются так называемые квартили.

Например, $X_{0,25}$ – квартиль X порядка 0,25

Квартиль – такое значение x случайной величины X , что вероятность того, что случайная величина X примет значение меньше, чем эта квартиль, равна порядку квартили.

В дельфийском методе, кроме экспертов, формирующих значение величины X , существует руководитель, который не формирует оценки, а управляет работой экспертной комиссии. Работа комиссии проходит в несколько этапов. На первом этапе руководитель просит экспертов выставить свои оценки x_1, x_2, x_3 . На втором этапе на основании вынесенных оценок руководитель определяет значение квартилей и сообщает эти значения экспертам. Если оценка какого либо эксперта выходит за диапазон $[X_{0,25}; X_{0,75}]$, то руководитель просит его письменно обосновать свое мнение. Это анонимное мнение доводится до остальных членов комиссии. После чего все эксперты могут изменить свое мнение. Третий и последующие этапы не отличаются от второго. От этапа к этапу диапазон сужается. Процесс продолжается до тех пор, пока по мнению руководителя диапазон не станет достаточно узким. На этом этапе квартиль $X_{0,5}$ и есть искомая оценка случайной величины (показателя качества).

Изучаемые вопросы:

1. Факторы обеспечения качества.
2. Условия обеспечения качества.
3. Основные направления повышения качества электронных средств.

1. ФАКТОРЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА

Качество продукции формируется, поддерживается и зависит от всех этапов жизненного цикла изделия (смотрите упомянутую в лекции 1 петлю качества).

Под **фактором обеспечения качества** понимается конкретная сила, изменяющая свойства исходных сырья, материалов, комплектующих. Сюда относятся: оборудование, оснастка, инструмент, а также производственные навыки и знания работника.

На каждом предприятии на качество продукции влияют разнообразные факторы, как **внутренние, так и внешние.**

К **внутренним** относятся такие, которые связаны со способностью предприятия выпускать продукцию надлежащего качества, т.е. зависят от деятельности самого предприятия. Они многочисленны, их классифицируют на следующие группы: ***технические, организационные, экономические, социально – психологические.***

Технические факторы самым существенным образом влияют на качество продукции, поэтому внедрение новой технологии, применение новых материалов, более качественного сырья – материальная основа для выпуска конкурентоспособной продукции.

Организационные факторы связаны с совершенствованием организации производства и труда, повышением производственной дисциплины и ответственности за качество продукции, обеспечением культуры производства и соответствующего уровня квалификации персонала.

Экономические факторы обусловлены затратами на выпуск и реализацию продукции, политикой ценообразования и системой экономического стимулирования персонала за производство высококачественной продукции.

Социально – экономические факторы в значительной мере влияют на создание здоровых условий работы, преданности и гордости за марку своего предприятия, моральное стимулирование работников – все это важные составляющие для выпуска конкурентоспособной продукции.

Внешние факторы в условиях рыночных отношений способствуют формированию качества продукции. Внешняя или окружающая среда является неотъемлемым условием существования любого предприятия и является по отношению к нему неконтролируемым фактором. Все воздействие внешней среды можно разделить на следующие отдельные факторы: **экономические, политические, рыночные, технологические, конкурентные, международные и социальные.**

Анализ внешней среды дает возможности организации для прогнозирования ее возможностей, для составления плана на случай непредвиденных обстоятельств, для разработки системы раннего предупреждения на случай возможных угроз и для разработки стратегий, которые могли бы превратить внешние угрозы в любые выгодные возможности. Анализ внешней среды необходим в процессе стратегического планирования.

В зависимости от этапа производства электронных средств факторы подразделяются на следующие группы:

1) **На этапе проектно-конструкторских разработок** основными факторами, обеспечивающими качество продукции, являются:

- 1.1) Подробная предпроектная проработка изделия с использованием отечественных и зарубежных патентов, изучение аналогов и других соответствующих источников;
- 1.2) Технико-экономическое обоснование проектов;
- 1.3) Бездефектное (безошибочное) проектирование;
- 1.4) Широкое применение (по возможности) типовых схем повышения уровня унификации и стандартизации разработки;
- 1.5) Включение в конструкцию изделия встроенных систем контроля, в том числе автоматических;
- 1.6) Дублирование жизненно важных органов изделия;
- 1.7) Проведение испытаний в усложненных условиях (относительно условий эксплуатации) (необходимо для уменьшения времени испытаний);
- 1.8) Уточнение нормативно-технической документации по результатам испытаний.

2) **На этапе производства** все факторы делятся на:

2.1) ***Технические факторы:***

- 2.1.1) Качество предметов труда, сырья, материалов, комплектующих. Действие этого фактора можно усилить, избегая частой смены поставщиков, а также повысив эффективность входного контроля;
- 2.1.2) Качество средств труда: оборудования, технологического оснащения, инструментов, средств измерения и т.д. Действие этого фактора можно усилить за счет приобретения современного более точного

оборудования, а также повышения уровня механизации и автоматизации технологических операций;

2.1.3) Качество технологических процессов – нужно использовать современные актуальные технологические процессы.

2.2) ***Организационные факторы:***

2.2.1) Организация производства – производственная структура и организация оперативного планирования, уровень специализации. Тут на качестве положительно может сказаться организация поточного производства. Важную роль играет ритмичность работы подразделений предприятия;

2.2.2) Организация труда – рациональное разделение и кооперация труда, внедрение передовых приемов работы, рациональная организация рабочих мест, графика труда и отдыха;

2.2.3) Организация управления – эффективная структура управления, рационализация документооборота и автоматизация управления предприятием в целом.

2.3) ***Информационные факторы:***

2.3.1) Сбор данных о качестве, их идентификация и хранение;

2.3.2) Автоматизация сбора информации о качестве;

2.3.3) Оперативное обеспечение этой информацией руководящих и других заинтересованных в этом работников.

2.4) ***Социальные факторы:***

2.4.1) Профессиональная структура кадров;

2.4.2) Повышение квалификации кадров;

2.4.3) Проведение аттестаций;

2.4.4) Мотивация персонала (создание заинтересованности).

2.5) *Экономические факторы:*

2.5.1) Финансирование работ по обеспечению качества;

2.5.2) Материальное поощрение работников за выпуск качественной продукции и наказание за выпуск некачественной;

2.5.3) Учет, анализ и регулирование затрат на обеспечение качества.

3) **На этапе эксплуатации** к факторам обеспечения качества относятся:

3.1) Использование изделий, устройств по прямому назначению и в режимах, предусмотренных в технической документации;

3.2) Улучшение обслуживания и проведение регламентированных работ в установленные (положенные) сроки;

3.3) Повышение качества планового, предупредительного и текущего ремонта.

2. УСЛОВИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА

Под **условиями обеспечения качества** понимаются производственные обстоятельства, обстановка, среда, в которой действуют факторы.

Условия обеспечения качества делят на внутренние и внешние.

К внутренним условиям чаще всего относится:

1) характер организации производственного процесса, его интенсивность, ритмичность, продолжительность;

2) уровень оснащения рабочих мест;

3) экологическое состояние производственных помещений;

4) интерьер и промышленный дизайн;

5) состояние внутриколлективных и межличностных отношений работников;

6) характер материального и морального поощрения за высокое качество;

7) уровень организации системы менеджмента качества предприятия.

К внешним условиям относятся:

- 1) уровень научно-технического развития страны;
- 2) экология окружающей среды;
- 3) действующий в стране хозяйственный механизм;
- 4) состояние материальной среды работников;
- 5) законодательная и нормативно-правовая база

3. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

К основным направлениям повышения качества электронных средств (ЭС) относятся:

- 1) Постоянное совершенствование профессиональных навыков работников;
- 2) Человеческий фактор: создание эффективной системы материального и морального поощрения работников;
- 3) Развитие личной инициативы и творческого подхода к труду;
- 4) Участие каждого работника в повышении качества на предприятии;
- 5) Использование современных схмотехнических и других инженерных решений;
- 6) Создание технологичных конструкций устройств (конструкцию считают *технологичной*, если она ориентирована на минимизацию всех видов затрат при производстве изделия);
- 7) Совершенствование технологических процессов изготовления изделий электронных средств;

- 8) Повышение уровня унификации и стандартизации при производстве изделий;
- 9) Повышение технического уровня производства, комплексная механизация и автоматизация, применение современных систем автоматизированного проектирования (САПР) (например, P-CAD);
- 10) Ритмичная работа всех подразделений предприятия;
- 11) Применение и разработка прогрессивных методов контроля качества;
- 12) Соблюдение требований стандартов:
 - Стандарты содержат уже проверенные и удачные технические решения;
 - Стандарты обеспечивают взаимозаменяемость;
 - Стандарты обеспечивают совместимость;
- 13) Улучшение трудовой и технологической дисциплины;
- 14) Применение современной элементной базы. При этом настоятельно рекомендуется использовать оригинальную документацию фирм-производителей электронных компонентов, т.к. даже печатные справочники, изданные не фирмами-производителями, могут содержать ошибки, не говоря уже о неофициально существующих электронных ресурсах.

Изучаемые вопросы:

1. Системы менеджмента качества.
2. Стандарты на системы менеджмента качества.
3. Требования к системам менеджмента качества. Основные составляющие функционирования систем менеджмента качества.
4. Всеобщее управление качеством (TQM).

1. СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА

История возникновения систем менеджмента качества (СМК)

Главным современным достижением в области управления качеством является комплексный системный подход к управлению качеством и создание на его основе СМК (систем менеджмента качества).

Сущность этого системного подхода состоит в осуществлении комплекса взаимосвязанных мероприятий, направленных на формирование требуемого уровня качества на всех этапах жизненного цикла изделия (петля качества). **Необходимость** системного подхода заключается в многообразии и взаимосвязанности факторов, влияющих на качество.

В мире этот системный подход начал применяться в 50-х гг. XX в.

В нашей стране этот подход возник в 70-е гг. и воплотился в создании **комплексной системы управления качеством продукции – КСУКП**. В основе КСУКП лежали общие принципы и единая методология управления качеством продукции для практически любых предприятий независимо от их продукции. **Основу КСУКП** составляли стандарты предприятия и ГОСТы. **КСУКП** охватывало все этапы производственного цикла и всех участников производственного цикла.

Однако ей были присущи **следующие недостатки**:

1. Отсутствие связи экономических результатов действия предприятия с качеством выпускаемой продукции
2. Возложение забот о качестве на специализированные службы предприятий а не на всех работников.
3. Ориентация преимущественно на контроль качества, а не на его формирование.

Опыт крупнейших мировых производителей в области управления качеством был обобщен в комплексе международных стандартов серии **ISO 9000** (в русскоязычной литературе **ИСО 9000**). Стандарты этой серии приняты в качестве государственных в большинстве стран мира.

Определения СМК:

Согласно **ГОСТ ISO 8402 система менеджмента качества (СМК)** – это совокупность организационной структуры, процедур, процессов, ответственности и ресурсов, обеспечивающих осуществление общего руководства качеством.

Согласно **ISO 9000 система менеджмента качества (СМК)** должна быть ориентирована на конкретные рыночные потребности; она служит инструментом реализации целей и задач предприятия в области качества, т.е. политики предприятия в области качества.

2. СТАНДАРТЫ НА СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА

В 1987 году международной организацией по стандартизации ISO был принят ряд международных стандартов **ISO-9000 – ISO-9004**, который устанавливал **требования к СМК предприятий**. В 1994 году эти стандарты были переработаны и дополнены стандартами **ISO 10000 и другими**. Все эти стандарты стали называться **серией стандартов ISO 9000**. В настоящий момент действует версия **2008 года**. Эти стандарты следует рассматривать как лучшие мировые достижения в области управления качеством. Соответствие СМК предприятия требованиям, изложенным в стандартах серии ISO 9000, является аргументом в пользу того, что производитель способен в реальных условиях производства обеспечивать высокий уровень качества.

В составе стандартов серии ISO 9000 выделяют базовые:

- ISO 9000 «Общее руководство качеством и стандарты по обеспечению качества. Руководящие указания по выбору и применению»
- ISO 9001 «Система качества. Модель обеспечения качества при проектировании, разработке, производстве, монтаже и обслуживании»
- ISO 9002 «Система качества. Модель обеспечения качества при производстве, монтаже и обслуживании»
- ISO 9003 «Система качества. Модель обеспечения качества при окончательном контроле и испытании»
- ISO 9004 «Управление качеством и элементы системы качества. Руководящие указания»
- ISO 8402 «Управление качеством и обеспечение качества. Словарь»

Эти стандарты в той или иной форме приняты в качестве государственных практически во всех странах мира.

В России:

- ГОСТ Р ИСО 9000-2001 «СМК. Основные положения. Словарь»
- ГОСТ Р ИСО 9001-2001 «СМК. Требования»
- ГОСТ Р ИСО 9004-2001 «СМК. Рекомендации по улучшению деятельности»

Базовые стандарты делят на 2 группы:

- 1) для контрактных ситуаций,
- 2) для неконтрактных ситуаций.

1) **для контрактных ситуаций** (стандарты ISO 9001, 9002, 9003, в России ГОСТ 9001). Эти стандарты носят нормативный характер и служат моделями, с которыми сравниваются реальные элементы управления качеством на предприятиях. Контрактных ситуаций может быть четыре:

- а) при заключении контракта на разработку и производство продукции,
- б) при необходимости подтверждения эффективности СМК в процессе реализации контракта,
- в) при сертификации продукции,
- г) при сертификации СМК.

Стандарты ISO 9001, 9002, 9003 отличаются полнотой охвата этапов жизненного цикла изделия. Например, стандарт ISO 9001 используется, когда требуется обеспечивать высокое качество изделия на всех этапах его жизненного цикла. Этот стандарт является самым престижным.

2) **для неконтрактных ситуаций** (все остальные стандарты). Эти стандарты носят характер методических указаний и могут использоваться предприятием при формировании и совершенствовании своей СМК. Например, стандарт ISO 9000 содержит рекомендации по выбору и применению стандартов ISO 9000 в зависимости от ряда факторов:

- а) категория продукции (сырье, материалы, оборудование, программное обеспечение),

- б) сложность и новизна проекта,
- в) сложность и новизна технологического процесса,
- г) последствия возможных отказов,
- д) репутация поставщика.

В стандартах ISO 10000 содержатся руководящие указания по проведению проверок СМК, обеспечению качества измерительного контрольного оборудования, по экономическим аспектам качества и другие.

Структура ГОСТ Р ИСО 9001-2001:

- 1) Область применения. Настоящий стандарт устанавливает требования к СМК в тех случаях, когда организация:
 - а) нуждается в демонстрации своей способности поставлять продукцию, отвечающую требованиям потребителей и обязательным требованиям,
 - б) ставит своей целью повышение удовлетворенности потребителей посредством эффективного применения системы, включая процессы постоянного ее улучшения и обеспечения соответствия требованиям потребителей и обязательным требованиям;
- 2) Нормативные ссылки;
- 3) Определения;
- 4) СМК:
 - 4.1) общие требования,
 - 4.2) требования к документации;
- 5) Ответственность руководства:
 - 5.1) обязательства руководства,
 - 5.2) политика в области качества,
 - 5.3) ответственность, полномочия и обмен информацией;
- 6) Менеджмент ресурсов:
 - 6.1) обеспечение ресурсами,

- 6.2) человеческие ресурсы и др.;
- 7) Процессы жизненного цикла продукции:
 - 7.1) планирование процессов жизненного цикла продукции,
 - 7.2) процессы, связанные с потребителем,
 - 7.3) проектирование и разработка,
 - 7.4) закупки,
 - 7.5) производство и обслуживание;
- 8) Измерения, анализ и улучшения.

3. ТРЕБОВАНИЯ К СИСТЕМАМ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА. ОСНОВНЫЕ СОСТАВЛЯЮЩИЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА

СМК должна удовлетворять следующим требованиям:

1. Должны удовлетворяться требования потребителя, предъявляемые к продукции или услуге
2. Дефекты несоответствия должны предотвращаться, а не обнаруживаться и устраняться.
3. Если дефекты и несоответствия всё же допущены, СМК должна обеспечивать их обнаружение и устранение.
4. СМК должна не допускать поступление в дальнейшее производство или потребителю обнаруженной дефектной продукции.
5. Система должна обеспечивать постоянное совершенствование продукции и себя самой.

Одно из основных требований, содержащихся в стандартах серии ISO 9000 к СМК, заключается в том, что все её аспекты должны быть тщательно задокументированы.

По характеру воздействия на все этапы жизненного цикла изделия в СМК выделяют 3 направления:

- **обеспечение качества** – совокупность планируемых и систематических мероприятий, необходимых для создания уверенности в том, что качество продукции соответствует требуемому

- **управление качеством** – включает в себя методы и деятельность оперативного характера, направленные на предотвращение потенциальных и устранение существующих несоответствий продукции установленным требованиям.

- **улучшение качества** – это постоянная систематическая деятельность, направленная на совершенствование продукции, технологического процесса ее производства и СМК в целом.

Составляющие функционирования СМК:

- 1) анализ текущего состояния рынка, качества товаров-конкурентов и ожиданий потребителей,
- 2) долгосрочное прогнозирование развития рынка и технологий,
- 3) планирование уровня качества,
- 4) разработка стандартов,
- 5) обеспечение качества при разработке конструкции и технологии,
- 6) контроль качества исходных сырья, материалов, комплектующих,
- 7) операционный контроль в процессе производства, включающий контроль качества самой продукции, технологического, измерительного оборудования и т.д.,
- 8) приемочный контроль готовой продукции,
- 9) контроль погрузочно-разгрузочных работ, складирования, упаковки, монтажа и т.д.,
- 10) контроль качества изделия в условиях эксплуатации,
- 11) анализ отзывов и рекламаций потребителей.

4. ВСЕОБЩЕЕ УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ (TQM)

TQM (Total Quality Management) – всеобщее управление качеством.

Работы по созданию и развитию принципов и методов управления качеством привели к созданию концепции **всеобщего управления качеством (Total Quality Management (TQM))**.

TQM трактуется как подход к управлению предприятием, нацеленный на качество, основанный на участии всех сотрудников предприятия и направленный на достижение долгосрочного успеха путем удовлетворения потребностей потребителей продукции предприятия и общества в целом, работников предприятия.

Концепция TQM основана на том, что в современном мире успех предприятия определяется в первую очередь **человеческим фактором**, т.е. отношением персонала к работе и руководителей к работникам. **Главная задача руководства предприятия** – это инициирование творческого потенциала работников в нужном направлении.

Основные принципы концепции TQM:

1. Придание политике в области качества приоритетной роли среди всех аспектов деятельности предприятия. (*«Качество – основа эффективного менеджмента».*)
2. Управление качеством продукции должно осуществляться на всех этапах её жизненного цикла.
3. Вовлечение в деятельность по управлению качеством всех работников предприятия, а так же предприятий-смежников. (*«Качество – забота каждого».*)
4. Активизация человеческого фактора путем создания атмосферы заинтересованности, удовлетворенности, деятельного участия, благополучия у всех работников предприятия и работников фирм-смежников.

5. Основное правило работы – постоянное удовлетворение требований потребителей, как внутренних так и внешних. (*«Исполнитель следующей технологической операции – тоже твой потребитель».*)
6. Качество должно быть заложено в изделие, а не доказано контролем.
7. Самоконтроль на каждом рабочем месте.
8. Непрерывное обучение и совершенствование работников в области управления качеством (кружки контроля качества).
9. Постоянный анализ и улучшение СМК (системы менеджмента качества).
10. Дефекты и несоответствия должны в первую очередь предотвращаться, а не обнаруживаться и устраняться.

Стандарты серии ISO 9000 являются базой для TQM.

Изучаемые вопросы:

1. Виды контроля качества электронных средств. Классификация видов контроля качества электронных средств.
2. Контролепригодность конструкций электронных средств и технологических процессов их производства.
3. Проектирование тестопригодных электронных средств, их контроль и диагностика при производстве и эксплуатации.
4. Понятие брака. Принципы проектирования ремонтпригодных и тестопригодных электронных средств.

1. ВИДЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ.
КЛАССИФИКАЦИЯ ВИДОВ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОННЫХ
СРЕДСТВ

**1.1 Контроль качества. Виды контроля качества электронных
средств. Классификация видов контроля качества электронных
средств**

Контроль качества – комплекс мероприятий и нормативных документов, направленных на поддержание качества продукции на заданном уровне.

В рыночных устройствах хозяйствования существенно возрастает роль служб контроля качества продукции предприятий *в обеспечении профилактики брака в производстве, усиливается их ответственность за достоверность и объективность результатов осуществляемых проверок, предотвращение поставки потребителям продукции низкого качества.*

Задачи служб контроля качества на предприятии:

- разработка оптимальных планов контроля;
- предупреждение брака;
- своевременное проведение в необходимом объеме всех предусмотренных контрольных операций;
- целенаправленное оперативное изменение условий функционирования объектов контроля.

Технический контроль – это проверка соответствия продукции или процесса, от которого зависит ее качество, установленным требованиям. На стадии разработки продукции технический контроль заключается в проверке соответствия опытного образца техническому заданию, технической документации, правилам оформления, изложенным в ЕСКД (Единая система конструкторской документации). На стадии изготовления он охватывает качество, комплектность, упаковку, маркировку, количество предъявляемой продукции, ход производственных процессов; на стадии эксплуатации состоит в проверке соблюдения требований эксплуатационной и ремонтной документации.

Технический контроль включает три основных этапа:

- Получение первичной информации о фактическом состоянии объекта контроля, его контролируемых признаках и показателях;
- Получение вторичной информации – отклонений от заданных параметров – путем сопоставления первичной информации с запланированными критериями, нормами и требованиями;
- Подготовка информации для выработки соответствующих управляющих воздействий на объект, подвергавшийся контролю.

Контролируемый признак (параметр) – это количественная или качественная характеристика свойств объекта, подвергаемого контролю.

Комплекс организационно-технических мероприятий, направленных на обеспечение производства продукции с заданным уровнем качества, составляет предмет организации контроля.

Метод контроля – это совокупность правил применения определенных принципов для осуществления контроля. В метод контроля входят основные физические, химические, биологические и другие явления, а также зависимости (законы, принципы), применяемые при снятии первичной информации относительно объекта контроля.

Под **системой контроля** понимают совокупность средств контроля и исполнителей, взаимодействующих с объектом по правилам, установленным соответствующей документацией.

Средства контроля – это изделия (приборы, приспособления, инструмент, испытательные стенды) и материалы, используемые при контроле, например, реактивы.

Виды технического контроля электронных средств подразделяются по следующим основным признакам:

- 1) В зависимости от объекта контроля:
 - 1.1) контроль количественных и качественных характеристик свойств продукции,
 - 1.2) контроль технологического процесса (его режимов, параметров, характеристик, соответствия требованиям ЕСКД, ЕСТД, ЕС ТПП);
- 2) По стадиям создания и существования продукции:
 - 2.1) контроль на стадии проектирования (контроль процесса проектирования конструкторской и технологической документации),
 - 2.2) производственный контроль (контроль производственного процесса и его результатов),
 - 2.3) эксплуатационный контроль;

- 3) По этапам процесса (в зависимости от места контроля качества продукции в производстве):
- 3.1) входной контроль (контроль качества поступающей продукции, осуществляемый потребителем, сюда также может входить контроль качества сырья и материалов),
 - 3.2) операционный (пооперационный) контроль (контроль продукции или процесса во время выполнения или после завершения определенной операции),
 - 3.3) приемочный контроль (финишный контроль, контроль готовой продукции) (контроль законченной производством продукции, по результатам которого принимается решение о ее пригодности к поставке или использованию),
 - 3.4) контроль транспортирования и хранения;
- 4) По полноте охвата (в зависимости от объема контролируемой продукции):
- 4.1) сплошной контроль (контроль каждой единицы продукции, осуществляемый с одинаковой полнотой),
 - 4.2) выборочный (статистический) контроль (контроль выборок или проб из партии или потока продукции; данный вид контроля всегда основан на методах математической статистики);
- 5) По связи с объектом контроля во времени:
- 5.1) выборочный контроль (летучий контроль в случайные моменты, выбираемые в установленном порядке),
 - 5.2) непрерывный контроль (контроль, при котором поступление информации происходит непрерывно),
 - 5.3) периодический контроль (информация поступает через установленные интервалы);
- 6) По характеру поступления продукции на контроль:
- 6.1) непрерывный контроль (например, на конвейере),

- 6.2) контроль партии продукции;
- 7) По возможности последующего использования проконтролированной продукции:
 - 7.1) разрушающий контроль (объект контроля использованию не подлежит),
 - 7.2) неразрушающий контроль (без нарушения пригодности объекта контроля к дальнейшему использованию);
- 8) По степени использования средств контроля:
 - 8.1) инструментальный контроль,
 - 8.2) измерительный контроль (разновидность инструментального контроля),
 - 8.3) регистрационный контроль (разновидность инструментального контроля),
 - 8.4) органолептический контроль,
 - 8.5) визуальный контроль (разновидность органолептического контроля),
 - 8.6) контроль по контрольному образцу (путем сравнения признаков качества продукции с признаками качества контрольного образца),
 - 8.7) технический осмотр (при помощи органов чувств, в необходимых случаях с привлечением средств контроля, номенклатура которых установлена соответствующей документацией);
- 9) По проверке эффективности контроля:
 - 9.1) инспекционный контроль (осуществляется специально уполномоченными исполнителями с целью проверки эффективности ранее выполнявшегося контроля, а также с целью проверки качества самих систем контроля),

9.2) летучий контроль (разновидность инспекционного контроля, он проводится внезапно, в случайные моменты времени, поэтому его результаты более достоверны);

10) В зависимости от исполнителя:

10.1) ведомственный контроль (осуществляется органами министерства или ведомства),

10.2) государственный надзор (осуществляется специальными государственными органами);

11) В зависимости от уровня технической оснащённости:

11.1) ручной контроль (используются немеханизированные средства контроля для проверки качества деталей, изделий),

11.2) механизированный контроль (применение механизированных средств контроля),

11.3) автоматизированный контроль (осуществляется с частичным участием человека),

11.4) автоматический контроль (без непосредственного участия человека),

11.5) активный контроль (непосредственно воздействует на ход технологического процесса и режимов обработки с целью управления ими);

12) По типу проверяемых параметров и признакам качества:

12.1) контроль геометрических параметров (контроль линейных, угловых размеров, формы и др.),

12.2) контроль физических свойств (теплопроводность, электропроводность, температура плавления и др.),

12.3) контроль механических свойств (жесткость, твердость, пластичность и др.),

12.4) контроль химических свойств (химический анализ состава вещества, коррозионная стойкость в различных средах и др.),

- 12.5) металлографические исследования (контроль микро- и макроструктуры заготовок, полуфабрикатов, деталей),
- 12.6) специальный контроль (контроль герметичности, отсутствия внутренних дефектов),
- 12.7) контроль функциональных параметров (контроль работоспособности приборов, систем, устройств в различных условиях),
- 12.8) контроль признаков качества, например внешнего вида визуально.

13) В зависимости от характера принимаемых решений:

- 13.1) активный контроль (при активном контроле принимается решение по управлению качеством),
- 13.2) пассивный контроль (при пассивном контроле фиксируется брак;

14) По контролируемому признаку:

- 14.1) контроль по количественному признаку (контроль качества продукции при котором определяют значения количественных показателей продукции и в зависимости от них, принимают решение о качестве этой продукции; контроль по количественному признаку дает больше информации, чем контроль по качественному или альтернативному признаку, но затраты на его проведение выше),
- 14.2) контроль по качественному признаку (при контроле по качественному признаку каждую проверенную единицу продукции относят к одной из классификационных групп, и решение о качестве продукции принимается в зависимости от количества единиц продукции, попавших в каждую из классификационных групп),

14.3) контроль по альтернативному признаку (контроль по альтернативному признаку – частный случай контроля по качественному; классификационных групп две: годная и дефектная продукция; в производстве наиболее распространен контроль по альтернативному признаку);

15) По цели контроля:

15.1) приемочный контроль (контроль для определения годности продукции и возможности ее приемки, приемочный контроль проводится не обязательно для готовой продукции, а может проводиться и для отдельных стадий ее изготовления),

15.2) статистическое регулирование технологических процессов (при статистическом регулировании технологических процессов по результатам контроля формируется управляющее воздействие на технологический процесс);

16) В зависимости от числа контролируемых параметров объекта:

16.1) однопараметровый контроль (контролируется один параметр; при этом, если даже объект контролируется по нескольким параметрам, независимо по каждому параметру, то такой контроль будет просто суммой однопараметрового контроля нескольких величин.),

16.2) многопараметровый контроль (многопараметровым он будет называться тогда, когда решение о результатах контроля принимается по совокупности измерений нескольких параметров).

По форме сравниваемых сигналов методы контроля подразделяются на:

а) аналоговые методы контроля – основаны на сравнении контролируемой величины с аналоговыми сигналами, формируемыми с помощью уставок;

- б) цифровые методы контроля – в них предварительно производится аналого-цифровое преобразование контролируемой величины, которая затем уже в цифровой форме сравнивается с двумя числами, определяющими поле допуска. Таким образом, в цифровых методах производится сначала измерение контролируемой величины, а затем уже сравнение с уставками в цифровой форме, которое может производиться либо с помощью ЭВМ (в микропроцессорных системах), либо с помощью специальных устройств сравнения кодовых сигналов.

Таким образом, из приведённого перечня разновидностей контроля видно, что алгоритмы контроля могут быть самые разнообразные. В простейшем случае – однопараметрового контроля аналоговыми методами – весь алгоритм состоит в сравнении контролируемой величины с аналоговыми величинами – уставками, определяющими границы допуска. Примером может служить контроль геометрических размеров деталей с помощью проходных и непроходных калибров. Но уже при применении цифровых методов однопараметрового контроля алгоритм усложняется – сначала производится измерительная операция – аналого-цифровое преобразование контролируемого параметра, а затем уже цифровое сравнение с двумя числами, определяющими границы допуска.

При многопараметровом контроле увеличивается и количество измерительных операций, и вычислений.

Ещё сложнее алгоритмы диагностического контроля, проводимого как с целью диагностики и коррекции хода технологического процесса, так и с целью определения места и вида неисправности в контролируемом объекте. Здесь широко применяются тестовые виды контроля и другие методы технической диагностики.

1.2 Испытания. Виды испытаний электронных средств. Классификация видов испытаний электронных средств

Под **испытанием** понимают экспериментальное определение количественных и качественных характеристик свойств объекта испытаний как результата воздействия на него при его функционировании, при моделировании объекта и воздействий.

Вид испытаний – это классификационная группировка испытаний по определенному признаку.

В соответствии с видовой классификацией испытания подразделяются по следующим основным признакам:

- 1) В зависимости от целей испытаний:
 - 1.1) контрольные испытания (для контроля качества объекта),
 - 1.2) исследовательские испытания (для изучения определенных свойств объекта);
- 2) По наличию базы для сравнения результатов:
 - 2.1) сравнительные испытания (испытания двух или более объектов, проводимые в идентичных условиях для сравнения характеристик их качества);
- 3) По точности значения параметров:
 - 3.1) определительные испытания (для определения значений параметров продукции с заданными значениями точности и доверительной вероятности),
 - 3.2) оценочные испытания (для такой оценки качества продукции, при которой не требуется определение значений ее параметров с заданными значениями точности и доверительной вероятности);

- 4) По этапам разработки продукции:
- 4.1) доводочные испытания (проводятся в процессе разработки изделий для оценки влияния вносимых в нее изменений с целью достижения требуемых показателей качества),
 - 4.2) предварительные испытания (испытания опытных образцов или партий для определения возможности их предъявления на приемочные испытания),
 - 4.3) приемочные испытания (испытания опытных образцов или партий продукции либо изделий единичного производства, проводимые соответственно для решения вопроса о целесообразности постановки на производство этой продукции или после изготовления и передачи ее в эксплуатацию);
- 5) По уровню проведения:
- 5.1) ведомственные испытания (приемочные испытания, проводимые комиссией из представителей заинтересованного министерства или ведомства),
 - 5.2) межведомственные испытания (приемочные испытания, проводимые комиссией из представителей нескольких заинтересованных министерств, ведомств),
 - 5.3) государственные испытания (приемочные испытания, проводимые государственной комиссией);
- 6) По этапам процесса:
- 6.1) испытания на входном контроле (для проверки соответствия количественных и качественных характеристик продукции, полученной от поставщика, количественным и качественным характеристикам, предусмотренным стандартами или техническими условиями),
 - 6.2) испытания при операционном контроле (с целью установления соответствия формирующихся

количественных и качественных характеристик изделия в процессе его обработки количественным и качественным характеристикам, предусмотренным техническими условиями, стандартами),

6.3) приемо-сдаточные испытания (испытания готовой продукции, проводимые при приемочном контроле);

7) По периодичности проведения:

7.1) периодические испытания (в объемах и в сроки, установленные соответствующей документацией);

8) По оценке уровня качества продукции:

8.1) аттестационные испытания (для оценки уровня качества продукции при ее аттестации);

9) По оценке целесообразности изменения:

9.1) типовые испытания (испытания продукции, проводимые после внесения изменения в конструкцию, рецептуру или технологию изготовления для оценки эффективности и целесообразности внесенных изменений);

10) По продолжительности проведения:

10.1) ускоренные испытания (испытания продукции, методы и условия проведения которых обеспечивают получение необходимого объема информации в более короткий срок, чем в предусмотренных условиях и режимах эксплуатации),

10.2) нормальные испытания (испытания продукции, методы и условия проведения которых обеспечивают получение необходимого объема информации в такой же срок, как и в предусмотренных условиях и режимах эксплуатации);

11) По степени интенсификации процессов:

11.1) форсированные испытания (ускоренные испытания, основанные на интенсификации процессов, вызывающих отказы или повреждения),

- 11.2) сокращенные испытания (ускоренные испытания без интенсификации процессов, вызывающих отказы или повреждения);
- 12) По возможности последующего использования продукции:
 - 12.1) разрушающие испытания (могут нарушить пригодность продукции к использованию по назначению),
 - 12.2) неразрушающие испытания (не должны нарушить пригодности к использованию ее по назначению);
- 13) В зависимости от места проведения:
 - 13.1) полигонные испытания (в условиях, максимально приближенных к эксплуатационным),
 - 13.2) эксплуатационные испытания (в условиях эксплуатации);
- 14) В зависимости от оцениваемых свойств:
 - 14.1) испытания на надежность (испытания продукции, проводимые для определения или оценки назначений показателей ее надежности в заданных условиях),
 - 14.2) ресурсные испытания (испытания на долговечность, проводимые для определения или оценки технического ресурса продукции);
- 15) По виду воздействия на объект:
 - 15.1) механические испытания (на воздействие механических нагрузок),
 - 15.2) электрические испытания (на воздействие электрических нагрузок),
 - 15.3) акустические испытания (на воздействие акустических колебаний),
 - 15.4) тепловые испытания (на воздействие тепловых нагрузок),
 - 15.5) гидравлические испытания,
 - 15.6) пневматические испытания (на воздействие давления жидкости или газа),

- 15.7) радиационные испытания (на воздействие ионизирующего излучения),
- 15.8) электромагнитные испытания (на воздействие электромагнитного поля),
- 15.9) магнитные испытания (на воздействие магнитного поля),
- 15.10) биологические испытания (на воздействие жизнедеятельности организмов),
- 15.11) климатические испытания (на воздействие климатических факторов),
- 15.12) химические испытания (на воздействие химических реакций).

Испытаниям подлежат опытные образцы (партии) и продукция серийного, массового и единичного производства. Опытный образец или опытную партию подвергают предварительным и приемочным испытаниям (проверкам) по специально разработанным программам.

Предварительные испытания проводят для определения соответствия продукции техническому заданию, требованиям стандартов, технической документации и для решения вопроса о возможности представления ее на приемочные испытания.

Приемочные испытания проводят с целью: определения соответствия продукции техническому заданию, требованиям стандартов и технической документации, оценке технического уровня; определения возможности постановки продукции на производство; выработки рекомендаций по установлению категории качества.

2. КОНТРОЛЕПРИГОДНОСТЬ КОНСТРУКЦИЙ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ИХ ПРОИЗВОДСТВА

2.1 Контролепригодность и тестопригодность конструкций электронных средств

Эффективность и трудоёмкость электрического контроля и диагностирования электронных средств зависят не только от степени совершенства применяемых методов и средств контроля и диагностирования, но и от степени приспособленности самого контролируемого устройства для контроля и диагностирования. Эту степень приспособленности электронного средства к контролю и называют **контролепригодностью**. Если контроль должен осуществляться тестовыми методами, то говорят о **тестопригодности** контролируемого устройства. Контролепригодность и тестопригодность должны закладываться уже при разработке электронного средства. Именно поэтому уже при разработке электронного средства необходимо решить, каким образом будет контролироваться его работоспособность и проводиться диагностика неисправностей и при его производстве, и при эксплуатации. Обеспечение контролепригодности электронного средства при его проектировании позволяет резко снизить затраты времени и труда на его контроль и диагностику неисправностей при производстве и эксплуатации. Естественно, что для обеспечения контролепригодности необходимо, прежде всего, научиться оценивать количественно степень контролепригодности любого электронного средства или узла. Применительно к цифровым электронным средствам, контролируемым тестовыми методами, контролепригодность оценивается путём определения *управляемости* и *наблюдаемости*. Использование этих характеристик связано с самой процедурой тестирования цифровых устройств: обеспечением на входах проверяемой логической схемы таких логических сигналов, которые

необходимы для обнаружения тех или иных неисправностей (*управляемость входами*) и наблюдением выходных сигналов, по которым можно обнаружить данную неисправность (*наблюдаемость* выявленных неисправностей по выходным сигналам). Выявление заданной неисправности будет возможно в том случае, когда выходные сигналы на те же входные воздействия при всех других возможных состояниях контролируемой схемы будут другими. Такие оценки управляемости и наблюдаемости выполняются для каждого элемента контролируемой схемы, а затем вычисляются суммарные характеристики управляемости и наблюдаемости для всей схемы. Общая тестопригодность схемы вычисляется на основании значений управляемости и наблюдаемости.

Рассмотрим этот вопрос для случая комбинационных логических схем (схем без памяти).

2.2 Первый показатель контролепригодности и тестопригодности электронных средств – управляемость

Управляемость входами схемы (обозначим её U) может принимать относительное значение от 0 до 1. Максимальное значение (единицу) имеет вход схемы, где можно легко установить как логическую 1, так и логический 0. Другое предельное значение управляемости 0 имеет элемент, вход которого не может быть установлен в любое из двух возможных логических состояний (что обусловлено его заземлением или соединением с шиной питания, т.е. он не управляем: $U = 0$).

Для определения управляемости выходов логической схемы необходимо учитывать не только управляемость его входов, но и выполняемую этой схемой логическую функцию, что можно характеризовать коэффициентом передачи управляемости данного логического элемента K_y . Таким образом, выражение для управляемости на каждом выходе можно записать, как

$$U_{\text{вых}} = K_y f(U_{\text{вх}}), \quad (41)$$

где K_y – коэффициент передачи управляемости элемента, связанный с этим выходом,

f – функция, зависящая от значений управляемости всех входов, которые управляют рассматриваемым выходом.

Коэффициент K_y является мерой, характеризующей степень различия способности элемента генерировать на данном выходе значение логической единицы от способности генерировать значение логического нуля. Этот коэффициент зависит только от логической функции, реализуемой элементом, и не зависит от места его расположения в схеме. Для количественной оценки K_y используется выражение

$$K_y = 1 - \frac{|N(0) - N(1)|}{[N(0) + N(1)]}, \quad (42)$$

где $N(0)$ – число всех способов установки логического 0 на выходе элемента;
 $N(1)$ – число способов установки логической 1.

Если $N(0) = N(1)$, то $K_y = 1$. В маловероятном случае $N(0) = N(1) = 0$, коэффициент K_y также равен 0, что указывает на неуправляемость выходного состояния. В общем случае K_y имеет значения между 0 и 1.

Для различных логических элементов значения K_y можно получить из таблицы истинности этих элементов. Так для элемента «НЕ», имеющего всего один вход, а следовательно, и только один способ установки на выходе логического 0 или 1, получаем:

$$N(0) = 1,$$

$$N(1) = 1,$$

$$K_y = 1.$$

Для двухвходового элемента «И», имеющего всего один способ установки на выходе логической 1 (на оба входа должны быть поданы логические 1) и три способа установки на выходе логического 0 (на первом входе 1, на втором 0; на первом входе 0, на втором 1; на обоих входах 0), получаем:

$$N(0) = 3,$$

$$N(1) = 1,$$

$$K_y = 1 - \frac{|1 - 3|}{|1 + 3|} = 0,5.$$

Для трёхвходового элемента «И» будем иметь:

$$N(0) = 1,$$

$$N(1) = 7,$$

$$K_y = 1 - \frac{|1 - 7|}{|1 + 7|} = 0,25.$$

Для двухвходового элемента «ИЛИ»:

$$N(0) = 1,$$

$$N(1) = 3,$$

$$K_y = 0,5.$$

Если логический элемент имеет несколько выходов, то значения K_y рассчитываются для каждого выхода в отдельности и, в общем случае, они не будут одинаковыми.

Значение функции $f(Y_{ex})$ определяется как среднее арифметическое значение управляемости на входах элемента. Если все входы управляемы (как в вышеприведенных примерах), то значение $f(Y_{ex})$ равно 1 и соответственно

$$Y = K_y. \quad (43)$$

Таким образом, имея схему соединения входов элементов с другими элементами, мы определяем их управляемость (если они подсоединены к логическим выходам предыдущих элементов, то они считаются управляемыми ($Y_{ex} = 1$), если же они подсоединены к шинам питания или заземлены, то неуправляемыми ($Y_{ex} = 0$), если несколько входов соединены вместе, то все объединённые входы считаются как один вход). Теперь, имея таблицу истинности данного элемента (его логическую функцию), можно определить значение его управляемости по всем логическим выходам.

Более сложно определение K_y для элементов с памятью (триггеров, регистров, счётчиков и т.п.), но соответствующие методы для этого существуют.

2.3 Второй показатель контролепригодности и тестопригодности электронных средств – наблюдаемость

Теперь рассмотрим второй показатель тестопригодности – *наблюдаемость* (будем обозначать её H), который определяется как мера, характеризующая способность к передаче информации о логическом состоянии данного элемента на один или несколько выходов схемы. Для того, чтобы обеспечить наблюдаемость, необходимо передать информацию о неисправности со стороны входа логической схемы на её выход. Поскольку логическая схема может иметь много входов и несколько выходов, то для определения возможности передачи информации о неисправности с определённого входа на определённый выход выделяют активизированный путь, соединяющий данный вход с данным выходом (в общем случае таких возможных путей может быть несколько). Соответственно этому, наблюдаемость по активизированному пути определяется как мера способности передачи информации о логическом состоянии данного входа к данному выходу. Это означает, что наблюдаемость состояний всех логических входов равна 1, а по мере продвижения сигнала вдоль активизированного пути это значение уменьшается, что определяется величиной коэффициента наблюдаемости K_n . При активизации какого-либо пути от конкретного входа к конкретному выходу логической схемы все остальные входы этой схемы должны фиксироваться в определённом состоянии. В общем случае процесс распространения информации о неисправности зависит как от условия активизации определённого входа, так и от условия установки фиксированных значений на всех других входах, позволяющих активизировать путь к определённому выходу. Способность удовлетворять второму условию определяется функцией управляемости этих входов $g(V_{ex})$. Поэтому, в общем случае, наблюдаемость любого выхода логической схемы определяется функцией

$$H_{\text{вых}} = K_n H_{\text{вх}} g(Y_{\text{вх}}). \quad (44)$$

Здесь K_n называется **коэффициентом передачи наблюдаемости**. Он представляет собой количественную меру, характеризующую уменьшение значения наблюдаемости элемента по мере продвижения к выходу вдоль активизированного пути при условии, что другие элементы схемы управляемы, т.е. этот коэффициент определяет способность схемы передавать изменения логического состояния одного входа на определённый выход.

Если не существует пути транспортировки информации о неисправности от входа I к его выходу Q , то коэффициент передачи наблюдаемости $K_n(I-Q)$ в этом случае должен быть равен 0. Если же транспортировка осуществляется всегда, независимо от состояний всех других входов, кроме активизированного, то $K_n = 1$. В действительности для различных устройств K_n лежит между 0 и 1.

Для определения K_n введём следующие обозначения:

$N(I-Q)$ – число комбинаций входных наборов, активизирующих пути распространения информации о неисправности от входа I до выхода Q .

$N_\sigma(I-Q)$ – число комбинаций входных наборов, блокирующих активизацию путей от входа I до выхода Q .

Тогда K_n можно оценить следующим соотношением:

$$K_n(I-Q) = \frac{N(I-Q)}{N(I-Q) + N_\sigma(I-Q)}. \quad (45)$$

Выражение для K_n может быть записано в другом виде:

$$K_n(I-Q) = \frac{N_p(I-Q)}{N_p(I-Q) + N_n(I-Q)}. \quad (46)$$

где $N_p(I-Q)$ – суммарное число различных активизируемых путей от входа I к выходу Q ;

$N_n(I-Q)$ – суммарное число неактивизируемых путей.

Возвращаясь к способу вычисления значения наблюдаемости, заметим, что процесс передачи значений наблюдаемости между отдельными элементами схемы является мультипликативным, то есть наблюдаемость входа первого элемента на выходе последнего элемента будет равна произведению отдельных наблюдаемостей всех соединённых последовательно элементов исследуемой логической схемы, что и используется в вычислениях. В то же время, управляемость не обладает мультипликативностью. Управляемость принимает безусловные значения, фиксируемые на первичных входах схемы, в то время как наблюдаемость связывается с определённым путём в схеме.

В качестве примера вычислим коэффициенты передачи наблюдаемости для тех же логических элементов, для которых выше вычислялись коэффициенты управляемости:

Элемент «Не» (один вход A , один выход Z):

$$N(A - Z) = 1;$$

$$N_{\bar{0}}(A - Z) = 0;$$

$$K_n(A - Z) = 1/(1+0) = 1.$$

Элемент «двухвходовое И» (два входа A и B , один выход Z):

$$N(A - Z) = 1;$$

$$N_{\bar{0}}(A - Z) = 1;$$

$$K_n(A - Z) = 1/(1+1) = 0,5;$$

$$K_n(B - Z) = 1/(1+1) = 0,5 \text{ (ввиду симметрии).}$$

Элемент «трёхвходовое И» (три входа A , B , C , один выход Z):

$$N(A - Z) = 1;$$

$$N_{\bar{0}}(A - Z) = 3;$$

$$K_n(A - Z) = 1/(1+3) = 0,25;$$

$$K_n(B - Z) = 1/(1+3) = 0,25;$$

$$K_n(C - Z) = 1/(1+3) = 0,25 \text{ (ввиду симметрии).}$$

Элемент «двухвходовое ИЛИ» (два входа A и B , один выход Z):

$$N(A - Z) = 1;$$

$$N_{\delta}(A - Z) = 1;$$

$$K_n(A - Z) = 1/(1+1) = 0,5;$$

$$K_n(B - Z) = 1/(1+1) = 0,5 \text{ (ввиду симметрии).}$$

Учитывая, что наблюдаемость входов всегда равна единице ($H_{ex} = 1$), выражение (44) для любой логической схемы можно упростить:

$$H_{вых} = K_n g(Y_{ex}). \quad (47)$$

С учётом этого, если логическая схема состоит из последовательного соединения двух логических элементов, то коэффициент передачи наблюдаемости для такой схемы для активизированного пути $A-B-C$ (где B – вход второй схемы, с которым соединён выход первой, а C – выход второй схемы) будет определяться выражением

$$H(A - C) = H(A - B) \cdot H(B - C), \quad (48)$$

т.е. процесс передачи значений наблюдаемости мультипликативен. Управляемость же таким свойством не обладает.

Произведение $K_n g(Y_{ex})$ называют **трудоёмкостью T передачи значений наблюдаемости**. Соответственно, для вышеприведённого случая последовательного соединения двух логических элементов будем иметь:

$$H(A - B) = H(A - A) T_b = T_b; \quad (49)$$

$$H(B - C) = H(B - B) T_c = T_c; \quad (50)$$

$$H(A - C) = H(A - B) \cdot H(B - C) = T_b \cdot T_c. \quad (51)$$

Определив понятия управляемости и наблюдаемости, а также способы их вычисления для каждого элемента, можно ввести **меру тестопригодности (T)**

элемента и всего электронного средства. Для каждого элемента выполняется соотношение (52)

$$T = YH. \quad (52)$$

со следующими условиями:

$T = 0$, если либо Y , либо H равно 0;

$T = 1$, если и Y , и H равны 1;

$0 < T < 1$ для $0 < Y < 1$ и $0 < H < 1$.

Общий показатель тестопригодности для всего электронного средства определяется как мера средней трудоёмкости получения теста для каждого элемента, а значит, эта мера является средним арифметическим значением тестопригодности всех элементов данного электронного средства:

$$T_{эс} = \frac{\sum_{i=1}^N T_i}{N}, \quad (53)$$

где N – число элементов электронного средства.

2.4 Анализ качества технологических процессов производства электронных средств

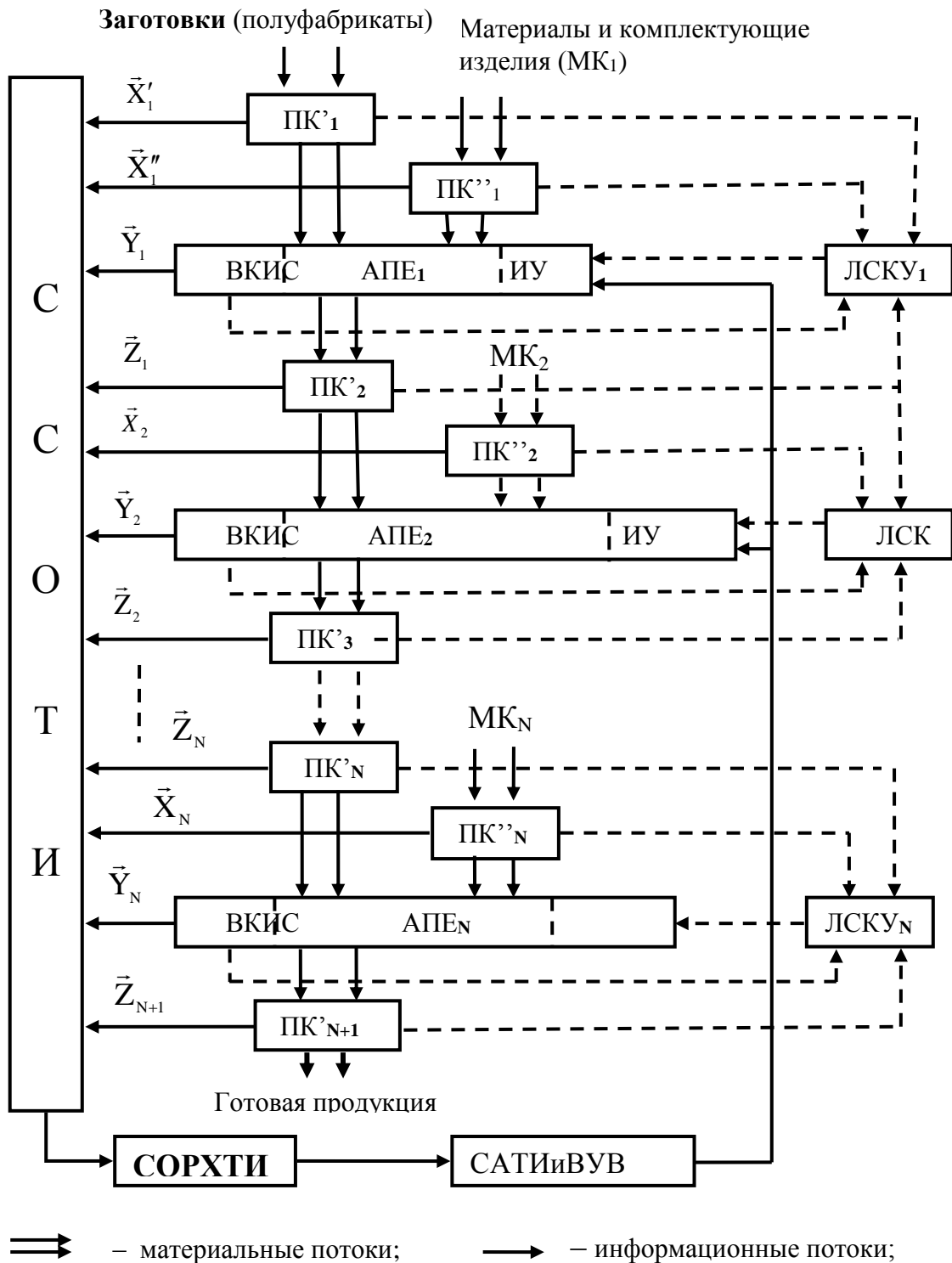
Любой технологический процесс можно разбить на последовательность технологических и контрольных операций. Технологические операции, как правило, выполняются с помощью специализированного технологического оборудования. Контрольные операции могут выполняться автоматически, с помощью встроенных в технологическую линию автоматических контрольно-измерительных средств, и вручную – с помощью стандартных или

специализированных неавтоматических контрольно-измерительных средств. Причём, помимо контроля параметров самих изделий, полуфабрикатов, сырья, основных, вспомогательных материалов и комплектующих изделий, могут контролироваться различные параметры самого технологического процесса, определяющие режимы работы технологического оборудования.

Комплект технологического оборудования, на котором выполняется определённая технологическая операция (или группа тесно связанных между собой технологических операций), образует **аппаратурно-процессорную единицу (АПЕ)**. АПЕ помимо чисто технологического оборудования обычно включает в себя встроенные исполнительные устройства для ручного или автоматического регулирования (управления) технологическим процессом и датчики или контрольно-измерительные приборы для контроля наиболее важных параметров технологического процесса, который также может осуществляться автоматически или вручную.

Комплект специального контрольно-измерительного оборудования для автоматического или ручного контроля качества выходного продукта или входного сырья (заготовок, материалов) образует **контрольный пост (КП)**.

С учётом этого структурную схему любого технологического процесса можно представить в виде последовательности аппаратурно-процессорных единиц и контрольных постов. Кроме них, для осуществления эффективного управления технологическим процессом эта структурная схема, как правило, должна содержать: **систему сбора и обработки технологической информации (ССОТИ); систему отображения, регистрации и хранения технологической информации (СОРХТИ)** и, в общем случае, **систему анализа технологической информации и выработки управляющих воздействий (САТИиВУВ)**. В итоге, структурная схема технологического процесса изображается в виде, показанном на рисунке 5.



АПЕ – аппаратно-процессорная единица;
 ПК – пост контроля;
 ЛСКУ – локальная система контроля и управления;
 ВКИС – встроенные контрольно-измерительные средства;
 ИУ – исполнительные устройства;
 ССОТИ – система сбора и обработки технологической информации (ТИ);
 СОРХТИ – система отображения, регистрации и хранения ТИ;
 САТИиВУВ – система анализа ТИ и выработки управляющих воздействий

Рисунок 5 – Структурная схема технологического процесса

На рисунке 5 каждая АПЕ снабжена встроенными контрольно-измерительными средствами и исполнительными устройствами. Реально это бывает не всегда. Для выполнения некоторых простейших (особенно ручных) операций могут использоваться простейшие технологические приспособления, не имеющие встроенных контрольно-измерительных средств, а органы регулирования используются ручные. В этом случае и соответствующие технологические операции, и контрольные выполняет рабочий-оператор. Централизованная система сбора и обработки технологической информации также может отсутствовать, но в этом случае её функции выполняют операторы и контролёры на своих рабочих местах, т. е. аппаратно она представляет собой встроенные и ручные контрольно-измерительные средства АПЕ и контрольные посты, рассредоточенные по всей технологической линии. Соответственно, и система отображения, регистрации и хранения технологической информации (СОРХТИ) в этом случае будет рассредоточена по всей технологической линии. При этом часть информации может регистрироваться автоматически (с помощью аналоговых или цифровых регистрирующих измерительных приборов), а часть фиксируется вручную (в журналах контролёров, дефектных ведомостях, контрольных картах и т.п.). Анализ технологической информации с целью выработки управляющих воздействий в этом случае выполняется в основном на рабочих местах (АПЕ и КП) на основе локальной, имеющейся на данном рабочем месте, информации. Централизованно обрабатывается лишь небольшая часть всей собираемой информации. Обобщающая информация концентрируется в центральном диспетчерском пункте и происходит это с существенным запаздыванием. По этой информации диспетчер или дежурный технолог принимает наиболее важные решения по корректировке технологического процесса.

В автоматизированных системах управления технологическими процессами (АСУТП) подсистемы ССОТИ, СОРХТИ, САТИиВУВ выполняются на основе микропроцессорных средств и ЭВМ и большинство их функций выполняется программно. Такие системы обычно бывают

иерархическими, включая в себя подсистемы автоматического регулирования отдельными параметрами технологического процесса и автоматизированного управления отдельными АПЕ или их определённых групп. Однако при этом не исключается наличие централизованной системы сбора и обработки информации, в которую поступает не только информация с датчиков и других автоматических контрольно-измерительных средств, но и информация, вводимая вручную с терминалов, имеющих на контрольных постах.

Система отображения, регистрации и хранения технологической информации также может иметь несколько иерархических уровней. Нижний уровень включает средства отображения и регистрации технологической информации непосредственно на рабочих местах операторов, обслуживающих отдельные АПЕ, и контролёров. А на верхний уровень (в центральный диспетчерский пункт) поступает уже обобщённая информация из системы ССОТИ. В современных системах для отображения технологической информации, как правило, используются мониторы операторских станций диспетчера, технолога, начальников участков и т.д. Сами операторские станции входят в указанные подсистемы управления технологическим процессом и построены на базе персональных ЭВМ в промышленном исполнении. Это обеспечивает очень широкие возможности отображения самой разнообразной технологической информации в наиболее наглядном и удобном для восприятия виде. Как правило, общий ход технологического процесса отображается в виде мнемосхемы технологического процесса, сопровождаемой цифровой и сигнальной информацией о важнейших его параметрах и их отклонений от номинальных значений. В фоновом режиме на эти дисплеи выдаётся текущая обобщённая информация о ходе технологического процесса: текущие значения основных параметров технологического процесса, обобщённые показатели качества выходного продукта, количество произведённой продукции к данному моменту времени и т.п.; но по запросу оператора может выдаваться любая другая информация, хранящаяся в системе.

Степень автоматизации управления технологическим процессом может быть разной в зависимости от сложности процесса, наличия достаточно адекватной математической модели и наличия в АПЕ программно-управляемых исполнительных устройств. В большинстве случаев для управления сложными технологическими процессами используется многоуровневое управление. Ряд параметров технологического процесса, которые требуется поддерживать на заданном уровне или изменять по жёстко заданной программе, управляются полностью автоматически. Сюда же может относиться управление выдержками времени (например, выдержка экспозиций в операциях фотолитографии или при изготовлении печатных плат). Что же касается вмешательства в режимы технологических процессов с целью устранения обнаруженных в процессе контроля готовой продукции или полуфабрикатов отклонений по качественным характеристикам, то они осуществляются чаще всего технологами, а подсистема САТИиВУВ выступает здесь в роли «советчика», подсказывая технологу наиболее оптимальные управляющие воздействия и предоставляя ему всю необходимую для принятия решения информацию.

Одновременно с задачами контроля и управления технологическим процессом АСУТП выполняет функции диспетчеризации производства и учёта изготовленной продукции, а также расхода основных и вспомогательных материалов и комплектующих изделий, ресурса инструмента, технологической оснастки, основного и вспомогательного технологического оборудования. На основе накапливаемой информации АСУТП регулярно (после каждой рабочей смены, раз в сутки, раз в неделю или в декаду, раз в месяц) формирует итоговые сводки о ходе производственного процесса за соответствующие периоды, необходимые для административного управления производством, для бухгалтерского учёта, материально-технического обеспечения производства, начисления заработной платы персоналу и т.д. Эта же информация поступает в автоматизированную систему управления более высокого уровня, например, в интегрированную систему управления цехом или предприятием в целом.

В настоящее время явственно наблюдается тенденция строить интегрированные автоматизированные системы управления производством на базе АСУТП. Это вполне оправдано, поскольку все дополнительные функции интегрированной системы управления, такие как: оперативное планирование производства, бухгалтерский учёт, управление кадрами, управление запасами, учёт выполнения заказов и поставок, материально-техническое обеспечение производства и т.п., осуществляются, в основном, программными средствами, и могут быть выполнены на тех же ЭВМ, которые задействованы в АСУТП. Обычно для построения интегрированной системы управления производством создаётся локальная сеть персональных ЭВМ, в которой большая часть ПЭВМ используется в виде интеллектуальных терминалов, но их вычислительные ресурсы и ресурсы памяти могут использоваться для решения общих задач, многократно увеличивая ресурсы центральной ЭВМ.

В данном случае на рисунке 5 была представлена простейшая структура технологического процесса, где все технологические операции выполняются строго последовательно и отсутствуют параллельные участки и перекрёстные материальные и информационные потоки. Структура реальных технологических процессов может быть более сложной. Материальные и информационные потоки на отдельных участках способны расходиться на параллельные ветви и вновь сходиться. Выходная информация с определённой АПЕ может быть использована в качестве входной не только в следующей АПЕ, но и в нескольких других и т.п. Поэтому оценить и проанализировать взаимодействие информационных потоков в такой системе бывает весьма сложно и построение структурной схемы технологического процесса, аналогичной той, что была показана на рисунке 5, помогает наглядно отобразить все материальные и информационные потоки. Это облегчает анализ их взаимодействия, выбор контролируемых параметров и оценку их информативности.

Даже если технологический процесс не автоматизирован, построение его структурной схемы весьма полезно, т.к. позволяет рационально расположить

технологическое оборудование и облегчить транспортировку материальных потоков от одной АПЕ к другой, определить узкие места, сдерживающие производительность всего процесса, лучше организовать диспетчеризацию производства, учёт и анализ сопутствующей технологической и производственной информации и, тем самым, повысить эффективность управления всем производственным процессом.

2.5 Оценка информативности и выбор контролируемых параметров технологического процесса

При построении эффективной системы контроля качества производимой продукции и управления технологическим процессом важную роль играет оценка информативности и выбор контролируемых параметров. В самом деле, качество готовой продукции может оцениваться множеством параметров (на схеме рисунке 5 это множество отображается вектором параметров \vec{Z}_B). В свою очередь, каждый из них может зависеть от тех или иных параметров полуфабриката, поступающего на последнюю аппаратурно-процессорную единицу, множество которых отображается вектором \vec{Z}_{B-1} , а также от некоторого множества параметров \vec{X}_B , используемых на данной технологической операции материалов, и параметров самого технологического процесса на данной технологической операции, отображаемых вектором \vec{Y}_B .

Таким образом, даже для одной технологической операции приходится учитывать множество параметров, влияющих на качество выходного продукта. Такое же положение имеет место и для любой другой технологической операции. Учитывая же, что выходной продукт одной технологической операции является входным для последующей, то, дойдя до начала технологической цепочки, мы получим, что качественные характеристики готовой продукции будут зависеть от сотен или даже тысяч параметров.

Пытаться контролировать все эти параметры – явно невыполнимая задача. Во-первых, потому что их слишком много, во-вторых, потому что некоторые из них просто невозможно контролировать из-за отсутствия соответствующих контрольно-измерительных средств и, в-третьих, из-за большой трудоёмкости и больших затрат времени на выполнение контрольных операций, вследствие чего будет недопустимо снижаться производительность технологической линии и экономическая эффективность производства. Однако оказывается, что контролировать все без исключения параметры, влияющие на качество продукции, нет необходимости. Это возможно по следующим причинам.

Во-первых, ряд параметров, характеризующих проходящий материальный поток от одной АПЕ к другой, не являются независимыми и связаны между собой если не функциональной, то достаточно тесной корреляционной зависимостью. Это позволяет контролировать лишь один из группы тесно взаимосвязанных между собой параметров, так как контроль остальных параметров, принадлежащих данной группе, принесёт весьма мало дополнительной информации.

Во-вторых, ряд параметров может оказывать слабое влияние на качество выходного продукта и ход технологического процесса и, поэтому, их можно отбросить как несущественные.

И, наконец, в-третьих, некоторые влияющие факторы могут иметь весьма малые диапазоны вариации, или их можно искусственно стабилизировать (например, питающие напряжения в каких-либо аппаратах, приборах или технологических установках), в силу чего они не будут влиять на качество выходного продукта. Всё это позволяет свести множество контролируемых параметров до разумного минимума, обеспечивающего, с одной стороны, эффективный контроль и управление качеством выпускаемой продукции, а с другой стороны, достаточную производительность и экономическую эффективность производства.

Но для этого необходимо уметь выявлять независимые и коррелирующие между собой технологические параметры, определять степень их взаимной

корреляции, определять значимость влияния тех или иных промежуточных параметров на выходные и, тем самым, выявлять несущественные факторы. Ввиду отсутствия строгого математического описания физико-химических или физико-механических процессов, определяющих каждую технологическую операцию, провести такой анализ аналитическими методами в большинстве случаев невозможно. Поэтому основными методами, позволяющими выполнить такой анализ, являются экспериментально-статистические методы. Для этих целей используются методы пассивного и активного эксперимента.

Методы **пассивного эксперимента** более приемлемы для исследования технологических процессов в производственных условиях, поскольку позволяют исследовать их, не внося преднамеренных нарушений в нормальный ход процесса. Однако они требуют длительного времени и накопления с последующей переработкой огромных массивов информации, что возможно выполнить только с помощью автоматизированных методов формирования этой информации и математико-статистических методов её обработки с помощью ЭВМ.

Методы **активного эксперимента** гораздо более эффективны, так как позволяют проводить исследования в минимальные сроки с использованием во много раз меньших объёмов информации. Однако для их использования необходимо, во-первых, иметь возможность управлять всеми исследуемыми факторами, то есть иметь возможность устанавливать и поддерживать их значения с необходимой точностью, а во-вторых, принудительно варьировать их значения в необходимом диапазоне. Это означает, что приходится преднамеренно идти на нарушение технологических режимов. В производственных условиях такие изменения неминуемо приведут к значительным отклонениям параметров выходного продукта от номинальных значений, а значит к большой вероятности выпуска бракованной продукции. Это ограничивает возможности использования активного эксперимента в производственных условиях. В основном эти методы применяются в лабораторных исследованиях, при проведении научных экспериментов, а также

при исследовании технологических процессов на опытно-промышленных установках.

Для определения параметров качества технологических процессов производства электронных средств используются инструменты контроля качества, которые будут подробно рассмотрены на последующих лекциях.

3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕСТОПРИГОДНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ, ИХ КОНТРОЛЬ И ДИАГНОСТИКА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ

Часть информации по тестопригодности электронных средств была рассмотрена в предыдущем вопросе. В данном вопросе отметим ряд других моментов.

Анализ **тестопригодности** цифровой электронной схемы позволяет решать **следующие задачи**:

- выявлять потенциально трудные для тестирования узлы схемы (узлы с низкой управляемостью и наблюдаемостью) и модернизировать их таким образом, чтобы повысить их тестопригодность с сохранением прежних логических функций;
- оптимизировать выбор испытательных точек при использовании внутрисхемного контроля (с перемещаемыми зондами);
- принимать решение о модернизации всего узла (блока) с целью улучшения его тестопригодности.

Улучшить показатели тестопригодности той или иной схемы можно несколькими способами.

Самым простым из них является вынесение на выходной разъём электронной платы выходов тех узлов, которые имеют самые низкие показатели управляемости и наблюдаемости.

Другим способом является изменение логической структуры наиболее труднотестируемых узлов с сохранением той же логической функции.

Но самым эффективным способом является применение элементной базы более высокого уровня интеграции, что позволяет плохо тестируемые узлы погружать внутрь интегральной схемы более высокой степени интеграции. Особенно удобны в этом отношении программируемые логические интегральные схемы (ПЛИСы).

В настоящее время некоторые САПР электронных средств комплектуют подсистемой тестопригодного проектирования – **DFT (Design for Test)**. Эта подсистема позволяет вычислять оценки управляемости, наблюдаемости и тестопригодности для разрабатываемых схем. Для проведения такого анализа в подсистему вводится полное описание проверяемой схемы на языке данной САПР.

Анализ проводится в три этапа: сначала проводится анализ управляемости каждого логического узла схемы, затем анализ наблюдаемости каждого узла и всей схемы в целом и, наконец, определяются показатели тестопригодности для каждого логического узла и всей схемы в целом. Поскольку логические узлы могут быть и комбинационными, и последовательностными (с памятью), то на каждом этапе определяется два вида показателей: комбинационные и последовательные. Определение комбинационных показателей было рассмотрено выше. Показатели же последовательного вида определяют, какое число последовательных состояний должен пройти данный логический узел (или вся электронная схема), чтобы в данной точке (на определённом логическом выходе) можно было бы получить требуемое состояние (показатель управляемости) или чтобы можно было бы на данном выходе наблюдать требуемое состояние (показатели наблюдаемости).

Однако эти подсистемы, позволяя оценить тестопригодность проектируемой схемы, не обеспечивают генерацию теста для её контроля. Поэтому в настоящее время лабораторией «Testware Lab» был разработан пакет Tw-CAD (Testware CAD), который позволяет не только определять показатели

тестопригодности разрабатываемой схемы, но и рекомендует улучшения, которые надо в неё внести для улучшения тестопригодности, а для полученной в результате такого улучшения схемы генерирует тест высокого качества, обеспечивающий нужную глубину диагностики неисправностей.

4. ПОНЯТИЕ БРАКА. ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РЕМОНТОПРИГОДНЫХ И ТЕСТОПРИГОДНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

4.1 Понятие брака

Брак – продукция, непригодная для удовлетворения потребностей в соответствии с назначением.

Критерием брака является выход значений показателей качества за допустимые границы, установленные в технической документации. Любая забракованная продукция не может быть товаром. Для общества это невосполнимые потери труда денег и ресурсов.

Основная причина брака – недобросовестный труд. Брак возникает в результате ошибок конструкторов, технологов, нарушения нормативных требований рабочими, неудовлетворительного выполнения контроля операций. Основным средством предотвращения брака является повышение заинтересованности работников и уровня их квалификации.

Брак появляется в дефектах. Дефекты могут быть исправимыми и неисправимыми. Понятие брака относится не только к продукции но и к результатам научно-исследовательских и конструкторских разработок.

В самом широком смысле брак – продукция, не соответствующая ожиданиям как внутренних так и внешних потребителей.

4.2 Принципы проектирования ремонтпригодных, контролепригодных и тестопригодных электронных средств

Чтобы к потребителю поступала продукция надлежащего качества, необходимо обеспечить в том числе и ее ремонтпригодность, контролепригодность и тестопригодность.

Еще раз кратко выделим **принципы проектирования ремонтпригодных, контролепригодных и тестопригодных электронных средств** (ряд их уже упоминался ранее, здесь они просто сведены воедино):

- 1) Использование современных схемотехнических и других инженерных решений;
- 2) Широкое применение (по возможности) типовых схем повышения уровня унификации и стандартизации разработки;
- 3) Включение в конструкцию изделия встроенных систем контроля, в том числе автоматических;
- 4) Дублирование жизненно важных органов изделия (особенно для изделий, поломка которых критична);
- 5) Повышение технического уровня производства, комплексная механизация и автоматизация;
- 6) Применение современных систем автоматизированного проектирования (САПР), систем автоматизированного контроля;
- 7) Применение современной элементной базы;
- 8) Вынесение на выходной разъём электронной платы выходов тех узлов, которые имеют самые низкие показатели управляемости и наблюдаемости;
- 9) Изменение логической структуры наиболее трудно тестируемых узлов с сохранением той же логической функции;
- 10) Применение элементной базы более высокого уровня интеграции, что позволяет плохо тестируемые узлы погружать внутрь интегральной схемы более высокой степени интеграции. Особенно

удобны в этом отношении программируемые логические интегральные схемы (ПЛИСы).

В условиях массового производства сложных устройств электронной техники трудно полностью избежать появления дефектов и отклонений от заданных технических характеристик. Поэтому при проектировании изделия необходимо уделять внимание обеспечению его ремонтпригодности, предполагая, что ремонт может потребоваться, как на стадии производства и контроля изделия, так и во время его эксплуатации при проведении мероприятий по техническому обслуживанию.

Основной задачей обеспечения ремонтпригодности электронных средств является снижение затрат на их ремонт до оптимального уровня при наибольшей эффективности их использования. Решение этой задачи возможно, если при разработке учтены следующие **требования (принципы)**:

1) Контролепригодность – включает в себя приспособленность объектов к диагностированию в процессе их производства, эксплуатации и ремонта. Способы её оценки и обеспечения при проектировании электронных средств были рассмотрены выше.

2) Доступность объектов – характеризует свободу доступа к местам технического обслуживания и ремонта с необходимым инструментом, возможность использования средств механизации и автоматизации, а также одновременного выполнения максимального числа операций.

3) Легкосъёмность – показывает степень применения блочного принципа компоновки объектов, а также быстросъёмных способов крепления узлов и агрегатов.

4) Взаимозаменяемость – обеспечивается путём максимального использования унифицированных составных частей одного назначения с одинаковыми как электрическими, так и геометрическими параметрами, а также отсутствием регулировочных работ при сборке.

5) **Восстанавливаемость** – обеспечивается за счёт применения таких решений при проектировании электронных средств, которые позволяли бы легко восстановить параметры изделий (дрейфующих при старении или воздействии внешних факторов) до номинальных значений.

6) **Эргономические характеристики** – служат для оценки удобства выполнения всех операций обслуживания и ремонта и должны исключать операции, требующие нахождения исполнителя длительное время в неудобной позе.

7) **Безопасность выполнения обслуживания и ремонта** – обеспечивается при технически исправном оборудовании, соблюдении исполнителями норм и правил техники безопасности.

Все перечисленные требования и принципы в совокупности и определяют уровень ремонтпригодности объекта и оказывают существенное влияние на продолжительность ремонтов и обслуживания.

Изучаемые вопросы:

1. Назначение инструментов контроля качества.
2. Контрольный листок.
3. Гистограмма.

1. НАЗНАЧЕНИЕ ИНСТРУМЕНТОВ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА

В процессе производства невозможно получить всю продукцию одинакового качества. Показатели качества отдельных единиц продукции колеблются в определенных пределах. Эти колебания обусловлены комплексом как систематических, так и случайных причин. Если колебание выходит за допустимые пределы, то выпускается брак. Для того, чтобы избежать появления брака и выпускать продукцию только высокого качества, в процессе производства необходимо постоянно определять значения показателей качества как самих изделий, так и технологических процессов их производства. Это связано с обработкой больших объемов данных, чем и занимается математическая статистика.

Японскими учеными отобрано 7 методов математической статистики. Их заслуга в том, что они обеспечили простоту и наглядность, превратили эти методы в эффективные инструменты контроля качества.

К 7 инструментам контроля качества относятся:

- 1) Контрольный листок,
- 2) Гистограмма,
- 3) Диаграмма разброса,
- 4) Стратификация,
- 5) Диаграмма Исикавы,
- 6) Диаграмма Парето,

7) Контрольные карты.

Схематически инструменты контроля качества приведены на рисунке 6.



Рисунок 6 – Схематическое изображение 7 инструментов контроля качества

Эти инструменты контроля качества могут использоваться отдельно или в составе системы.

Основное значение инструментов контроля качества – это предоставление участнику процесса информации для его улучшения. По мнению Исикавы, эти 7 инструментов позволяют решить 95% проблем возникающих на производстве.

2. КОНТРОЛЬНЫЙ ЛИСТОК

При контроле качества электронных средств и технологических процессов их производства имеет место следующий факт: чем больше людей собирают данные, тем больше вероятность возникновения ошибок. Контрольный листок – инструмент, в значительной степени способствующий их исключению.

Контрольный листок – инструмент для сбора данных и предварительного, первоначального их упорядочивания. По сути это бумажный бланк, в который можно заносить информацию с помощью пометок или простых символов.

В каждом конкретном случае разрабатывается своя форма контрольного листка, однако **принципы его построения** неизменны:

1. Должен быть четко зафиксирован источник информации (кто, когда, на каком оборудовании получил информацию).
2. Форма и принципы заполнения листка должны быть понятны соответствующему персоналу без дополнительных пояснений.
3. При заполнении листка данные должны собираться и упорядочиваться так, чтобы их в дальнейшем было легко использовать.

Пример контрольного листка приведен на рисунке 7.

Замененные компоненты.

Дата: 23.09.06

Инженер: Иванов А.А.

Отмечайте так |, ||, |||, ||||, |||||
Отметки соответствуют числам 1, 2, 3, 4, 5

Наименование Компонента	Отметки о количестве	Количество
Микросхемы		3
Резисторы		12
Конденсаторы		6
Всего		21

Рисунок 7 – Пример контрольного листка

3. ГИСТОГРАММА

Гистограмма – это столбчатый график, построенный по данным, полученным за определенный интервал времени. Данные разбиваются на несколько интервалов, соответствующих столбикам. Высота каждого столбика определяется количеством элементов, попавших в данный интервал. Гистограмма позволяет получить представление о законе распределения случайной величины.

Общий порядок построения гистограмм следующий:

1. Собираются данные контролируемого параметра (x_i) за определенный период (месяц, квартал, год и т.д.). Число данных должно быть не менее 30-50, оптимальное число порядка 100.

2. Определяются наибольшее X_{\max} и наименьшее X_{\min} значения из всех полученных данных и вычисляется **размах** R : $R = X_{\max} - X_{\min}$. Размах характеризует разброс контролируемой величины, он определяет ширину гистограммы.

3. Полученный диапазон (размах) делится на несколько интервалов. Число интервалов k зависит от общего числа собранных данных n и некоторых других факторов.

Рекомендуется использовать **формулу Стерджеса**:

$$k = 1 + 3,322 \lg n . \quad (54)$$

Также можно использовать формулу:

$$k = \sqrt{n} \pm 2 . \quad (55)$$

4. Далее определяют ширину интервала (величина интервала, интервальная разность):

$$\left(\frac{R}{k} \right) = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{k} . \quad (56)$$

Все полученные данные распределяют по интервалам. Если какое-то значение попадает на границу, его следует относить к левому по отношению к ней интервалу. Подсчитывается число значений, попавших в каждый интервал m_j , где j -номер интервала.

5. Для каждого интервала подсчитывается относительная частота попадания в него данных

$$f_j^*(x) = \frac{m_j}{n} . \quad (57)$$

6. По полученным данным строится гистограмма – столбчатая диаграмма, высота столбиков которой соответствует частоте или относительной частоте попадания данных в каждый из интервалов.

Пример данных для построения гистограммы: Пусть на фрезерном станке изготавливаются пластины, номинальной толщиной 9 мм. Поле допуска на толщину от 6,55 мм до 11,5 мм. Необходимо по значениям толщин группы деталей сделать вывод о состоянии этого станка.

Данные по разбросу деталей приведены в таблице 1

Таблица 1 – Разброс деталей по толщине

Интервал, мм	6,55- 7,05	7,05- 7,55	7,55- 8,05	8,05- 8,55	8,55- 9,05	9,05- 9,55	9,55- 10,05	10,05- 10,55	10,55- 11,05	11,05- 11,55	11,55- 12,05	12,05- 12,55
Количество деталей, попавших в данный интервал, шт.	0	2	9	12	15	16	17	14	11	3	1	0

Гистограмма, построенная по этим данным, приведена на рисунке 8.

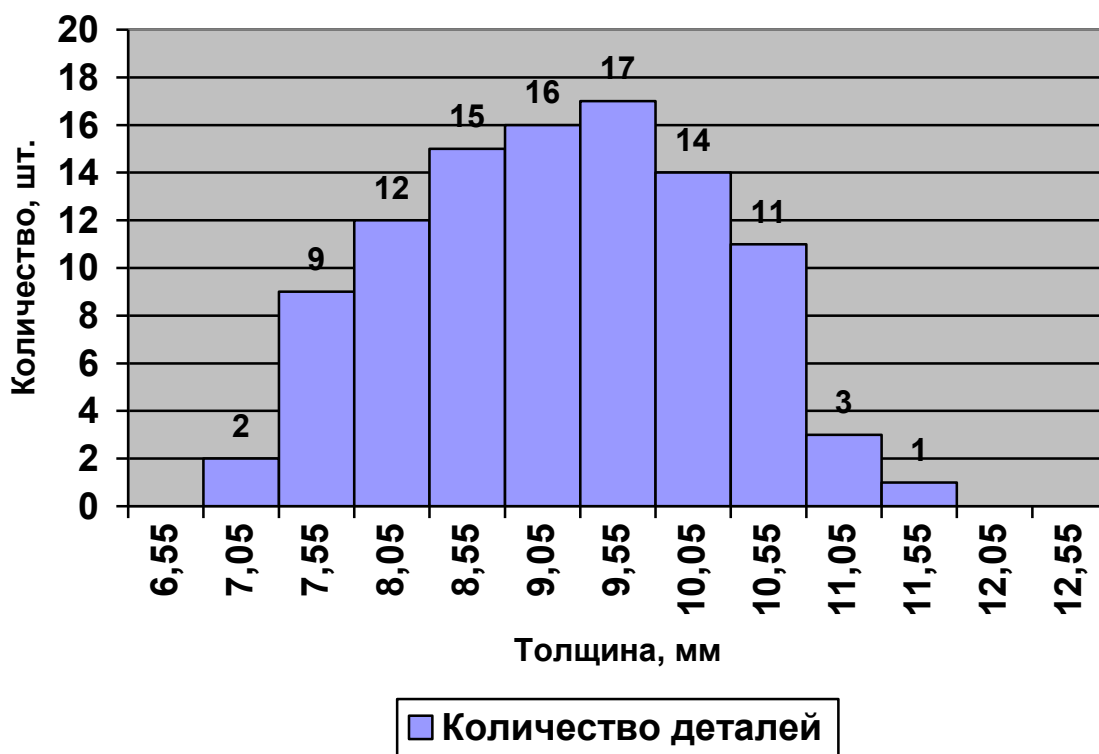


Рисунок 8 – Гистограмма, построенная по данным из примера

Из гистограммы видно, что, несмотря на то, что номинальная толщина 9 мм, больше всего деталей имеют толщину от 9,55 до 10,05 мм. Кроме того, количество деталей с завышенной толщиной больше, чем с заниженной. Это говорит о том, что станок настроен плохо (в сторону больших значений). Фактический разброс не совпадает с полем допуска, т.е. имеет место брак. Ввиду того, что ширина поля допуска и фактический разброс практически одинаковы даже после настройки станка можно ожидать появление брака. Возможно, потребуется заменить станок на более точный, обеспечивающий меньший разброс.

Кроме гистограммы используется **полигон** (линия, соединяющая середины отрезков на гистограмме) и **кумулятивная кривая (КК)** (линия, соединяющая правые углы на гистограмме; каждая точка кумулятивной кривой равна сумме всех предыдущих значений).

Примеры кривых распределения, встречающиеся на практике:

а) Поле допуска значительно больше, чем ширина кривой распределения. Брак отсутствует. Используется слишком точный и дорогой станок.

б) Ширина кривой распределения равна ширине поля допуска. Это состояние неустойчиво, стоит чуть сбиться настройкам станка и будет брак.

в) Ширина кривой распределения значительно больше ширины поля допуска. Часть продукции бракованная. Возможно несколько выходов из данной ситуации: приобрести другое оборудование или расширить поле допуска, выбрасывать бракованные детали, сместить центр настройки станка в сторону исправимого брака.

г) Возможно смещение центра настройки станка. Требуется настройка.

д) Если кривая распределения имеет несколько максимумов, то имеет место объединение двух и более распределений, т.е. при построении этой кривой использовались данные двух и более групп деталей, произведенных в разных условиях.

е) Если на кривой нет ярко выраженного максимума, а имеется много значений, близких к максимуму (кривая имеет форму стола). Такая кривая получается в двух случаях: объединены несколько распределений с близкими средними значениями, либо в процессе получения выборки центр настройки оборудования смещался.

ж) Асимметричная кривая распределения имеет место, когда соответствующий технологический параметр имеет односторонне ограничение.

Изучаемые вопросы:

1. Диаграмма разброса.
2. Стратификация.

1. ДИАГРАММА РАЗБРОСА

Диаграмма разброса – один из инструментов контроля качества, позволяющий визуально определить вид и тесноту связи между двумя случайными величинами. Другое название диаграммы разброса – **поле корреляции**. В качестве случайных величин наиболее часто выступают:

- 1 Показатель качества и фактор производства;
- 2 Два показателя качества;
- 3 Два фактора производства.

Для построения диаграммы разброса данные собирают парами. На диаграмме разброса одной паре данных соответствует одна точка разброса. Считается, что точек должно быть не менее 25-30.

Рассмотрим случай, когда в качестве одной из случайных величин выступает показатель качества, другой – фактор производства.

Последовательность применения диаграммы разброса для этого случая будет состоять из следующих этапов:

- 1 Осознание неудовлетворенности качеством изделия в целом, его деталей и узлов или качеством технологического процесса.
- 2 Выбор показателя качества, количественно отражающего эту неудовлетворенность.

3 Выдвижение гипотезы о влиянии какого-либо фактора производства на выбранный показатель качества.

4 Сбор парных данных, т.е. значений показателей качества и факторов производства.

5 Построение диаграммы разброса и её анализ. В результате анализа диаграммы может быть сделан один из следующих выводов:

5.1 Связь присутствует и достаточно сильна: выбранный фактор производства сильно связан с показателем качества, выдвинутая гипотеза верна. В этом случае, изменяя фактор производства, можно добиться требуемого значения показателя производства и, тем самым, улучшить качество. Требуемое изменение фактора производства количественно можно оценить с использованием уравнения прямой выборочной регрессии.

5.2 Связь присутствует, но не достаточно сильная: выбранный фактор производства слабо связан с показателем качества. Изменяя данный фактор, можно до некоторой степени управлять показателем качества, однако необходимо продолжить поиск факторов, так же влияющих на этот показатель, выдвинув новые гипотезы. Следует, не исключая из рассмотрения текущего фактора производства, найти другие факторы, влияющие на показатель качества, выполнив п.3 - п.5 описываемой последовательности. Требуемое качество может быть достигнуто одновременным изменением всех выявленных влияющих факторов производства.

5.3 Связь не установлена: выбранный фактор производства не связан с показателем качества, гипотеза неверна. Продолжаем поиск факторов. Следует найти факторы производства, влияющие на показатель качества, исключив при поиске из рассмотрения текущий фактор. Новый поиск также проводится в соответствии с последовательностью п.3 - п.5.

Дополнительная информация:

- Следует отметить, что если две переменные кажутся связанными, это не означает, что они таковыми являются.
- Если данные не кажутся связанными, это не означает, что они не связаны: просто приведено недостаточно данных или данные следует разбить по классам и построить по каждому классу свою диаграмму, а возможно допущена большая ошибка при измерении и т. д.

Построение диаграммы разброса необходимо проводить в следующей последовательности:

1 Собрать парами значения (x_1, y_1) , (x_2, y_2) , ... (x_n, y_n) случайных величин X и Y , между которыми требуется исследовать зависимость. Расположить их в таблицу. Желательно не менее 25-30 пар данных.

2 Найти максимальные и минимальные значения для X и Y . Выбрать шкалы на горизонтальной и вертикальной осях так, чтобы их длины были приблизительно одинаковыми. Если одна переменная – фактор производства, а вторая – показатель качества, то выбрать для фактора горизонтальную ось, а для показателя качества – вертикальную.

3 Нанести точки, соответствующие парам данным, на диаграмму.

4 Сделать все необходимые обозначения. Убедиться, что нижеперечисленные данные, отраженные на диаграмме, понятны любому человеку, а не только тому, кто делал диаграмму:

- 4.1 Название диаграммы.
- 4.2 Интервал времени, когда были получены данные.
- 4.3 Число пар данных.
- 4.4 Названия и единицы измерения для каждой оси.
- 4.5 Условия получения данных.
- 4.6 Имя человека, сделавшего диаграмму.

Типичные варианты скопления точек на диаграмме разброса приведены на рисунке 9.

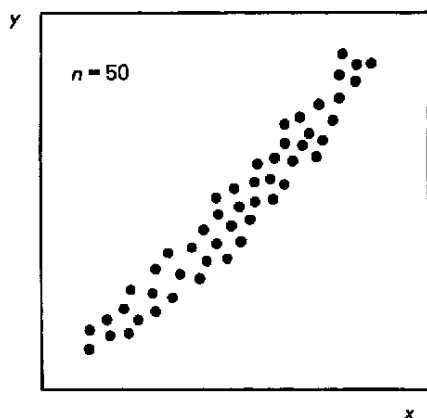


Рис. 1 Прямая корреляция

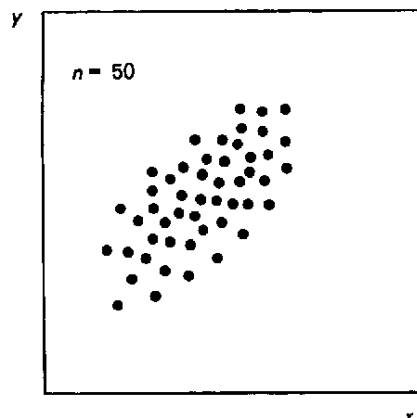


Рис. 2 Легкая прямая корреляция

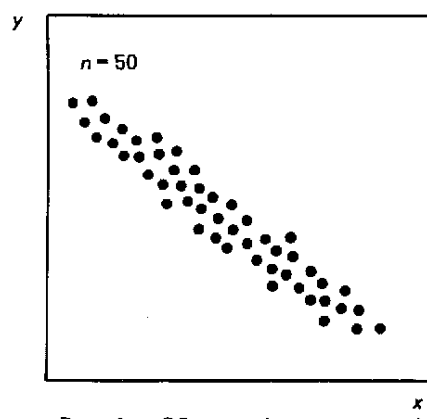


Рис. 3 Обратная (отрицательная) корреляция

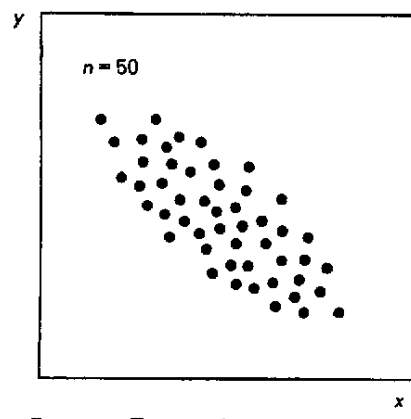


Рис. 4 Легкая обратная корреляция

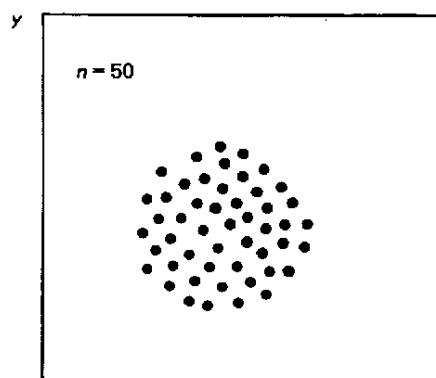


Рис. 5 Отсутствие корреляции

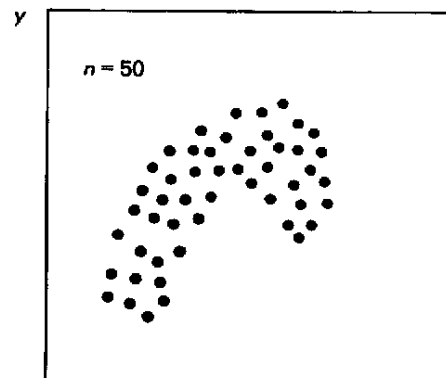


Рис. 6 Легкая криволинейная корреляция

Рисунок 9 – Типичные варианты скопления точек на диаграмме разброса

На графике (рис.1) рисунка 9 изображена **сильная прямая корреляция**. Величины X и Y связаны. Увеличивая X можно увеличить Y .

На графике (рис.2) рисунка 9 изображена **легкая (слабая) прямая корреляция**. Величины X и Y связаны, однако на величину Y кроме X действуют какие-либо другие величины. Увеличивая X также можно увеличить Y .

На графике (рис.3) рисунка 9 изображена **сильная обратная корреляция**. Величины X и Y связаны. Увеличивая X можно уменьшить Y .

На графике (рис.4) рисунка 9 изображена **легкая (слабая) обратная корреляция**. Величины X и Y связаны, однако на величину Y кроме X действуют какие-либо другие величины. Увеличивая X также можно уменьшить Y .

На графике (рис.5) рисунка 9 приведено скопление точек, характерное для **отсутствия корреляции**. Величины X и Y не связаны.

На графике (рис.6) рисунка 9 изображена **криволинейная корреляция**. Величины X и Y связаны, в отличие от случаев (рис.1) – (рис.4) нелинейной зависимостью.

Если при анализе диаграммы разброса установлена связь между случайными величинами X и Y , то, изменяя X , можно добиться требуемого значения Y (или наоборот). Если при этом выявленная связь может считаться линейной, то количественное изменение одной из случайных величин, необходимое для получения определенного значения другой, может быть найдено с помощью уравнения прямой выборочной регрессии.

Пусть в результате n испытаний получены пары значений случайных величин X и Y :

$$(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n). \quad (58)$$

Допустим, что случайная величина Y имеет вид

$$Y = Y_0 + V, \quad (59)$$

где Y_0 – случайная величина, связанная с X линейной функциональной зависимостью (формула 60),

V – случайная величина, отражающая влияние на Y неизвестных случайных факторов.

$$Y_0 = kX + b, \quad (60)$$

где k и b – некоторые неизвестные постоянные.

Если бы $V=0$, то все точки поля корреляции, соответствующие парным данным, принадлежали бы прямой

$$y = kx + b. \quad (61)$$

Данное уравнение является уравнением прямой выборочной регрессии.

Таким образом, одна из задач корреляционного анализа заключается в отыскании по опытным данным коэффициентов линейной зависимости (60).

Пусть величина

$$\delta_i = |y_i - kx_i - b| \quad (62)$$

выражает степень удаленности точки i от прямой (61). Чем меньше разности δ_i в совокупности, тем «ближе» проходит прямая (61) от множества точек (58), тем лучше она отражает искомую зависимость. Пусть «расстояние» от прямой до системы точек выражается равенством:

$$R(k, b) = \sum \delta_i^2 = \sum |y_i - kx_i - b|^2. \quad (63)$$

Наилучшей прямой, т.е. прямой с меньшим «расстоянием» от совокупности точек (58), будет являться такая прямая, которая соответствует минимуму функции $R(k,b)$.

Минимум функции $R(k,b)$ достигается в точке с координатами:

$$k = \frac{\sum \frac{x_k y_k}{n} - \left(\sum \frac{x_k}{n} \right) \left(\sum \frac{y_k}{n} \right)}{\sum \frac{x_k^2}{n} - \left(\sum \frac{x_k}{n} \right)^2}, \quad (64)$$

$$b = \sum \frac{y_k}{n} - k \sum \frac{x_k}{n}. \quad (65)$$

Прямая (61), для которой сумма квадратов (63) достигает наименьшего значения, называется **прямой выборочной регрессии**. Если чертой сверху обозначить среднее значение соответствующей величины, то выражения (64, 65) можно записать в виде:

$$k = \frac{\overline{xy} - \bar{x}\bar{y}}{\overline{x^2} - (\bar{x})^2}, \quad (66)$$

$$b = \bar{y} - k\bar{x}. \quad (67)$$

Число Δ^2 , равное значению функции $R(k,b)$, где k и b определены из равенств (64, 65) называется **остаточной дисперсией**.

Для определения тесноты связи случайных величин используют **коэффициент корреляции**

$$r = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 \sum (y_i - \bar{y})^2}}. \quad (68)$$

Коэффициент корреляции обладает следующими свойствами:

- 1) $r=0$ если величины X и Y не связаны.
- 2) $|r|=1$ если величины X и Y связаны зависимостью вида (61).

Необходимо заметить, что коэффициент корреляции (68) корректно отражает тесноту связи случайных величин, если зависимость между ними линейная.

2. СТРАТИФИКАЦИЯ

Стратификация по-другому называется **расслаиванием**.

В соответствии с этим методом данные о причинах появления брака разделяют на группы в зависимости от условий их получения и производят обработку каждой группы в отдельности. Группы называют **слоями (стратами)**, а сам процесс деления – **расслаиванием (стратификацией)**.

В производственных процессах используют **метод 5М**, разделяя данные в зависимости от человека (man), материала (material), машины (machine), метода (method), измерения (measurement).

Расслаивание осуществляется следующим образом:

- 1 по работникам (исполнителям) (квалификация, опыт, стаж работы и т.д.);
- 2 по материалам, сырью, комплектующим (вид, марка, партия, производитель и т.д.);
- 3 по технологическому оборудованию и оснастке (фирма, вид оборудования, срок эксплуатации и т.д.);
- 4 по методу производства (технические приемы, температура, давление, другие параметры технологических процессов и т.д.);

5 по способу получения измерительной информации (используемые методы измерения, вид оборудования, класс точности и т.д.)

Если при расслаивании присутствует разница между слоями, это является исходной информацией о причинах появления брака.

В результате расслаивания должны выполняться два условия:

1 разница между значениями данных одного условия (дисперсия) должна быть меньше, чем в совокупности;

2 разница между средними значениями слоев должна быть как можно больше.

Расслаивание может осуществляться многократно.

Пример расслаивания: При анализе причин задержек поставок каких-либо деталей типичными факторами для расслоения могут быть:

- срок оформления заказа (строгое соблюдение даты оформления заказа),
- наличие оформления заказа,
- вид и сложность деталей.

Например, есть предприятие, на котором мы работаем – Предприятие №1. Предприятие №2 – другое предприятие, у которого Предприятие №1 заказывает детали. У Предприятия №3 Предприятие №1 заказывает части деталей.

Таким образом, получаем: заказ Предприятием №1 у Предприятия №2 – первичный заказ, а заказ Предприятием №2 у Предприятия №3 – вторичный заказ.

Данные для расслаивания приведены в таблице 2. В данном случае для удобства в одной таблице приведены данные для двух вариантов развития событий (соответственно, **Таблица 2 (числитель)** и **Таблица 2 (знаменатель)**) с одинаковым итоговым общим количеством случаев, а также с одинаковыми

общими значениями количества случаев по оформлению заказа в соответствии с установленной датой, по оформлению заказа с опозданием, по выполнению заказа в срок, по выполнению заказа с опозданием.

Первое предположение: расслаивание по соблюдению даты оформления заказа.

Таблица 2 – Данные для расслаивания (два варианта)

Оформление заказа	Выполнение заказа, число случаев		Всего случаев
	В срок	С опозданием	
В соответствии с установленной датой	21	6	23
С опозданием	3	18	45
Всего случаев	24	44	68

По данным таблицы 2 (числитель) видно, что строгое соблюдение даты оформления заказа ведет к значительному улучшению ситуации со сроками поставок (уменьшение задержек). Если ситуация складывается как в таблице 2 (числитель), то мы нашли причину задержек поставок: оформление заказа с опозданием.

Если ситуация складывается как в таблице 2 (знаменатель), то этого утверждать нельзя. В этом случае необходимо произвести дополнительное расслаивание, например по виду деталей (таблица 3)

Таблица 3 – Расслаивание таблицы 2 (знаменатель) по виду деталей

Детали	Выполнение заказа, число случаев		Всего случаев
	В срок	С опозданием	
A	1	14	15
B	2	11	13
C	0	11	11
D	8	1	9
E	6	4	10
F	7	3	10
Всего случаев	24	44	68

Из таблицы 3 видно, что основное количество задержек поставок относится к деталям А, В, С. Очевидно, следует найти причину этого.

Пусть в результате дальнейшего анализа было видно, что эти детали требуют дополнительной обработки, которая выполняется Предприятием №3 по вторичному заказу от Предприятия №2. Кроме того было выяснено, что детали D, F, не требующие дополнительной обработки из-за перегруженности Предприятия №2 также иногда передаются по вторичному заказу.

Прояснить ситуацию поможет расслаивание по факту наличия или отсутствия вторичного заказа (таблица 4).

Таблица 4 – Расслаивание таблицы 2 (знаменатель) по факту наличия или отсутствия вторичного заказа

Вторичный заказ	Выполнение заказа, число случаев		Всего случаев
	В срок	С опозданием	
Имеет место	3	42	45
Отсутствует	21	2	23
Всего случаев	24	44	68

В результате проведенных расслаиваний было окончательно установлено, что задержки поставок возникают из-за присутствия вторичного заказа. В этой ситуации можно наметить следующие меры по решению проблемы:

1) информацию о больших заказах доводить до предприятия-поставщика (Предприятия №2) заблаговременно;

2) скорректировать объемы заказов таким образом, чтобы выполнение их было по силам предприятию-поставщику и не вынуждало Предприятие №2 выполнять вторичные необоснованные заказы на Предприятии №3

3) помочь Предприятию №2 наладить эффективные взаимоотношения с Предприятием №3

Изучаемые вопросы:

1. Диаграмма Исикавы.
2. Диаграмма Парето.
3. Круги контроля качества.

1. ДИАГРАММА ИСИКАВЫ

Диаграмма Исикавы (причинно-следственная диаграмма) также часто называется «рыбья кость» или «рыбий скелет». Она позволяет выявить, систематизировать и наглядно представить причины, оказывающие влияние на рассматриваемую проблему. Качество изделия, выражающееся в показателях качества, является результатом взаимодействия множества причин, факторов производства, и для того, чтобы выпускать только качественные изделия, необходимо к наиболее важным показателям качества, которые в данном случае рассматриваются как следствие, поставить в соответствие факторы и условия производства, являющиеся причинами.

Диаграмма Исикавы (причинно-следственная диаграмма, «рыбья кость», «рыбий скелет») демонстрирует отношения между проблемой и ее возможными причинами. Обеспечивает модель установления связей между проблемой и факторами, влияющими на нее. Диаграмма Исикавы полезна для устранения причин появления проблем, а также полезна для понимания эффектов воздействия нескольких факторов на процесс. Анализируются **четыре основных причинных фактора**: человек, машина (оборудование), материал и метод работ. При анализе этих факторов выявляются вторичные, третичные и т.д. причины, приводящие к дефектам и подлежащие устранению. Для анализа дефектов и построения диаграммы необходимо определить максимальное число причин, которые могут иметь отношение к допущенным

дефектам. Таковую диаграмму еще называют **диаграммой «4М»** по составу основных факторов.

Для составления причинно-следственной диаграммы необходимо подобрать максимальное число факторов, имеющих отношение к характеристике, которая вышла за пределы допустимых значений. При этом для исследования причин явления необходимо привлекать и третьих лиц, не имеющих непосредственного отношения к работе, так как у них может оказаться неожиданный подход к выявлению и анализу причин, которого могут не заметить лица, привычные к данной рабочей обстановке.

Наиболее эффективным считается групповой метод анализа причин, называемый «**мозговым штурмом**».

Порядок построения причинно-следственной диаграммы условий и результатов следующий:

1. Определение цели. Например, провести систематизацию причин и условий, влияющих на снижение качества изделий. Или систематизировать условия, влияющие на расходы по устранению брака, или проанализировать условия, влияющие на спрос продукции на рынке. Желательно, чтобы анализируемая проблема имела количественное измерение. Например, качество технологической операции может оцениваться долей брака, количеством дефектов определенного вида величиной отклонения от заданных значений, наконец, численной величиной какого-либо параметра изделия или детали. Расходы могут измеряться в денежном выражении, затратах времени, материалов, комплектующих и т. п.
2. Составление списка факторов и условий, которые влияют или могут влиять на рассматриваемую проблему. При этом полезным будет **метод «мозгового штурма»**, позволяющий в короткое время собрать идеи и мнения различных людей по данной проблеме. При составлении списка факторов нельзя отбрасывать ни одного из них.

Маловероятные и незначительные факторы могут быть отброшены и не рассматриваться при последующем анализе, но на схеме они должны быть представлены, чтобы было ясно, что они уже рассматривались на каком-то этапе анализа.

3. Группировка факторов по их естественному родству в группы и подгруппы с различной степенью детализации. При анализе проблем, связанных с качеством продукции, обычно, рассматриваются следующие **группы**: технология, оборудование, методы измерения, персонал, материалы, организация производства, внешние условия.
4. **Построение схемы.** Схема позволяет наглядно показать множество факторов, систематизированных в определенном порядке, что существенно облегчает поиски правильных решений. Пример схемы приведен на рисунке 10.

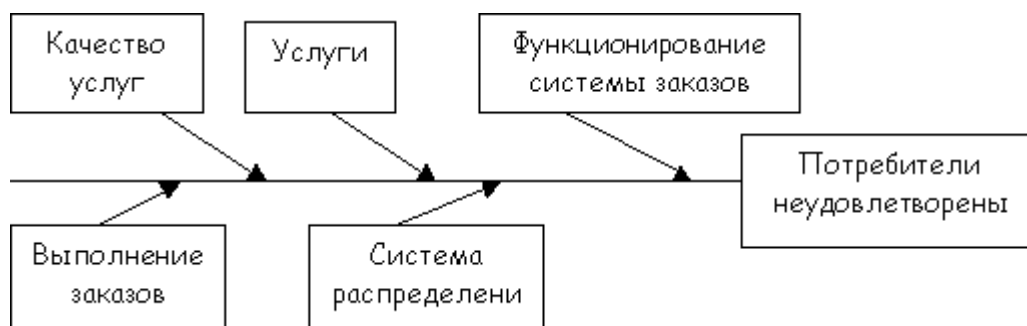


Рисунок 10 – Пример построения схемы при построении диаграммы Исикавы (причинно-следственной диаграммы)

Пример окончательного вида диаграммы Исикавы для анализа качества некоторого технологического процесса приведен на рисунке 11.

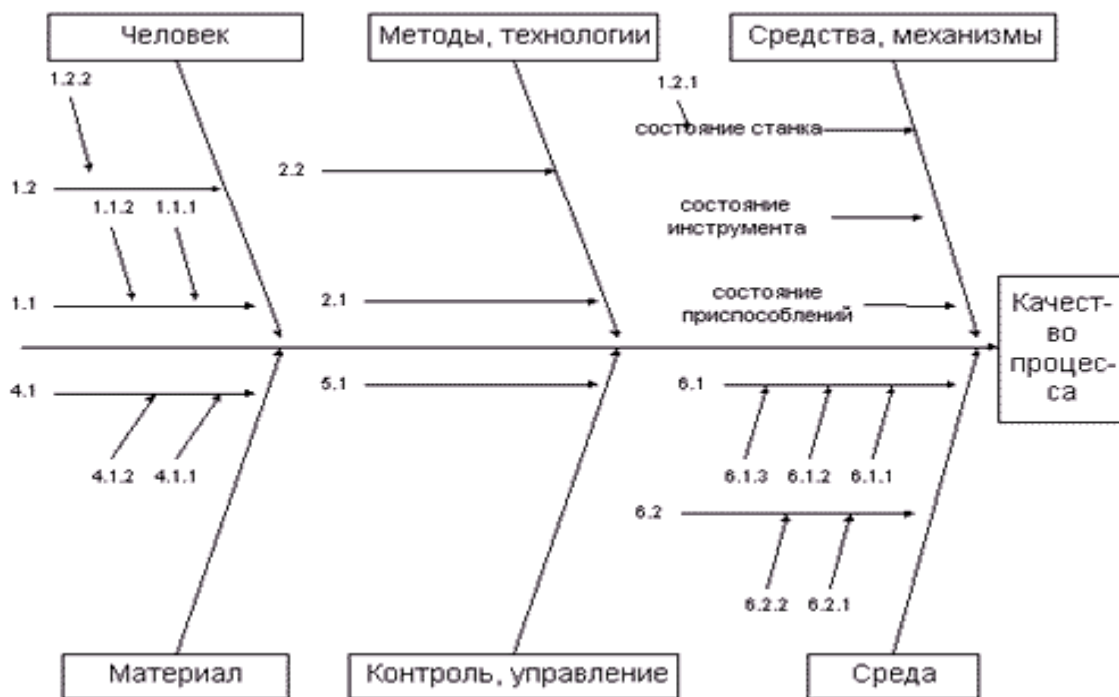


Рисунок 11 – Пример окончательного вида диаграммы Исикавы для анализа качества некоторого технологического процесса

2. ДИАГРАММА ПАРЕТО

Диаграмма Парето – это инструмент, позволяющий распределить усилия для разрешения возникающих проблем и выявить основные причины, с которых нужно начинать действовать. В большинстве случаев подавляющее число дефектов и связанных с ними потерь возникают из-за относительно небольшого числа причин. **Метод анализа Парето** заключается в классификации проблем качества на немногочисленные, но существенно важные и многочисленные, но несущественные. Он позволяет распределить усилия и установить основные факторы, с которых нужно начинать действовать с целью преодоления возникающих проблем.

Различают два вида диаграмм Парето:

1. Диаграмма Парето по результатам деятельности. Предназначена для выявления главной проблемы и отражает нежелательные результаты деятельности, связанные:

- с качеством (дефекты, поломки, ошибки, отказы, рекламации, ремонты, возвраты продукции);
- с себестоимостью (объем потерь; затраты);
- со сроками поставок (нехватка запасов, ошибки в составлении счетов, срыв сроков поставок);
- с безопасностью (несчастные случаи, трагические ошибки, аварии).

2. Диаграмма Парето по причинам. Отражает причины проблем, возникающих в ходе производства, и используется для выявления главной из них:

- исполнитель работы: смена, бригада, возраст, опыт работы, квалификация, индивидуальные характеристики;
- оборудование: станки, агрегаты, инструменты, оснастка, организация использования, модели, штампы;
- сырье: изготовитель, вид сырья, завод-поставщик, партия;
- метод работы: условия производства, заказы-наряды, приемы работы, последовательность операций;
- измерения: точность (указаний, чтения, приборная), верность и повторяемость (умение дать одинаковое указание в последующих измерениях одного и того же значения), стабильность (повторяемость в течение длительного периода), совместная точность, тип измерительного прибора (аналоговый или цифровой).

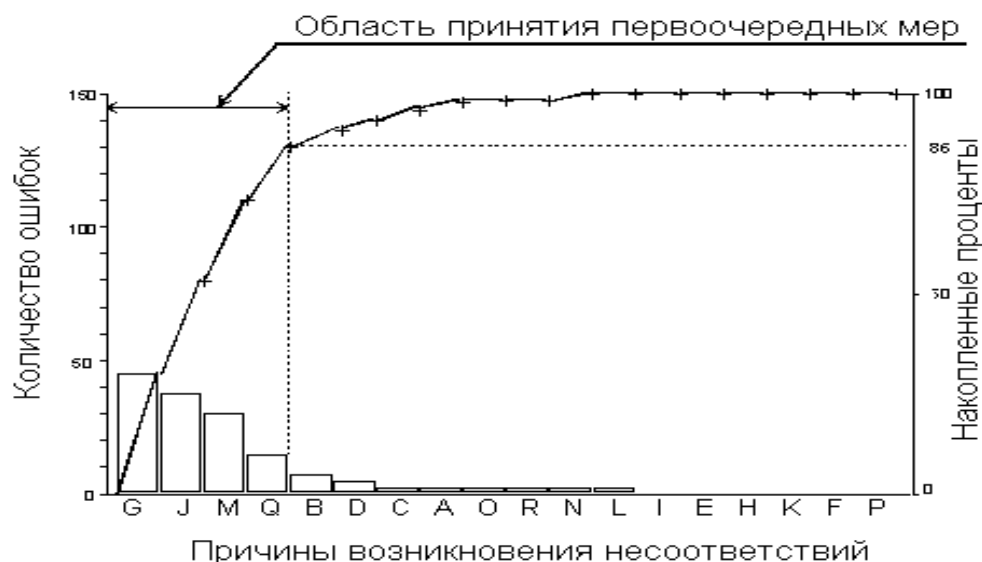


Рисунок 12 – Пример диаграммы Парето по причинам

Построение диаграммы Парето начинают с классификации возникающих проблем по отдельным факторам (например, проблемы, относящиеся к браку; проблемы, относящиеся к работе оборудования или исполнителей, и т.д.). Затем следуют сбор и анализ статистического материала по каждому фактору, чтобы выяснить, какие из этих факторов являются преобладающими при решении проблем.

В прямоугольной системе координат по оси абсцисс откладывают равные отрезки, соответствующие рассматриваемым факторам, а по оси ординат – величину их вклада в решаемую проблему. При этом порядок расположения факторов таков, что влияние каждого последующего фактора, расположенного по оси абсцисс, уменьшается по сравнению с предыдущим фактором (или группой факторов). В результате получается диаграмма, столбики которой соответствуют отдельным факторам, являющимся причинами возникновения проблемы, и высота столбиков уменьшается слева направо. Затем на основе этой диаграммы строят кумулятивную кривую.

Построение диаграммы Парето состоит из следующих этапов.

Этап 1. Сначала следует решить:

1. какие проблемы необходимо исследовать (например, дефектные изделия, потери в деньгах, несчастные случаи);
2. какие данные нужно собрать и как их классифицировать (например, по видам дефектов, по месту их появления, по процессам, по станкам, по рабочим, по технологическим причинам, по оборудованию, по методам измерения и применяемым измерительным средствам; нечасто встречающиеся признаки объединяют под общим заголовком «прочие»);
3. определить метод и период сбора данных.

Этап 2. Разработка контрольного листка для регистрации данных с перечнем видов собираемой информации.

Этап 3. Заполнение листка регистрации данных и подсчет итогов.

Этап 4. Разработка таблицы для проверок данных с графами для итогов по каждому проверяемому признаку в отдельности, накопленной суммы числа дефектов, процентов к общему итогу и накопленных процентов (таблица 5).

Таблица 5 – Результаты регистрации данных по типам дефектов для построения диаграммы Парето.

Типы дефектов	Число дефектов	Накопленная сумма числа дефектов	Процент числа дефектов по каждому признаку к общей сумме	Накопленный процент
1	2	3	4	5
Деформация	104	104	52	52
Царапины	41	146	21	73
Раковины	20	166	10	83
Трещины	10	176	5	88
Пятна	6	182	3	91
Разрыв	4	186	2	93
Прочие	14	200	7	100
Итого	200	—		

Этап 5. Расположение данных, полученных по каждому проверяемому признаку, в порядке значимости и заполнение таблицы (таблица 5).

Группу «прочие» следует размещать в последней строке независимо от ее числовых значений, поскольку ее составляет совокупность признаков, числовой результат по каждому из которых меньше, чем самое маленькое значение, полученное для признака, выделенного в отдельную строку.

Этап 6. Нанесение горизонтальной и вертикальной осей.

Вертикальная ось содержит проценты, а горизонтальная разбита на интервалы в соответствии с числом контролируемых признаков.

Этап 7. Построение столбиковой диаграммы (рисунок 13).

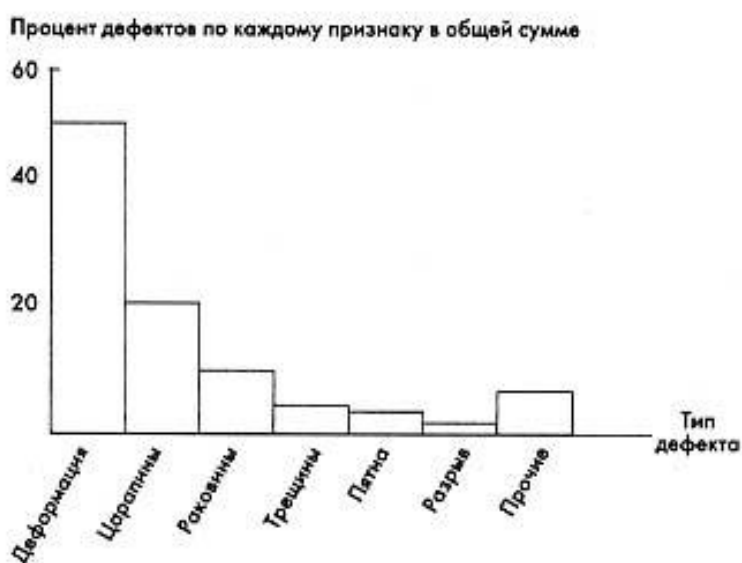


Рисунок 13 – Столбиковая диаграмма Парето

Этап 8. Проведение на диаграмме **кумулятивной кривой (кривой Парето)** (рисунок 14).

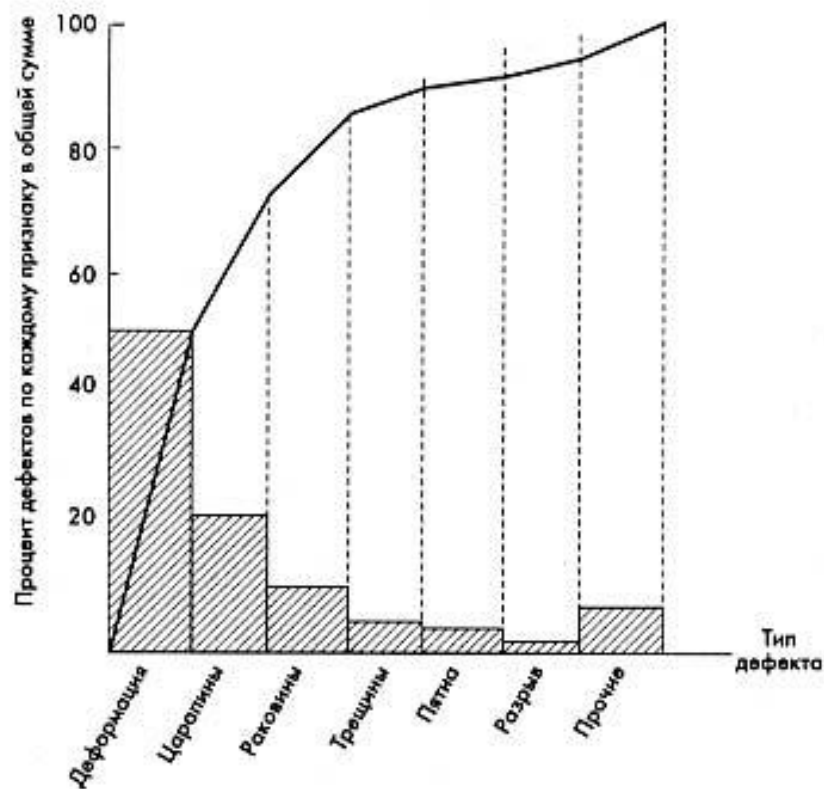


Рисунок 14 – Кумулятивная кривая на диаграмме Парето

Этап 9. Нанесение на диаграмму всех обозначений и надписей, касающихся диаграммы (название, разметка числовых значений на осях, наименование контролируемого изделия, имя составителя диаграммы), и данных (период сбора информации, объект исследования и место его проведения, общее число объектов контроля).

В отношении построения и использования диаграммы Парето можно порекомендовать следующее:

- *желательно использовать разные классификации и составлять много диаграмм Парето. Суть проблемы можно уловить, наблюдая явление с разных точек зрения, поэтому важно опробовать различные пути классификации данных, пока не будут определены немногочисленные существенно важные факторы, что, собственно, и является целью анализа Парето;*
- *группа факторов «прочие» не должна составлять большой процент. Большой процент этой группы указывает на то, что*

объекты наблюдения классифицированы неправильно и слишком много объектов попало в одну группу, а значит, следует использовать другой принцип классификации;

- *если данные можно представить в денежном выражении, лучше всего показать это на вертикальных осях диаграммы Парето. Если существующую проблему нельзя оценить в денежном выражении, само исследование может оказаться неэффективным, поскольку затраты – важный критерий измерений в управлении;*
- *если нежелательный фактор можно устранить с помощью простого решения, это надо сделать незамедлительно, каким бы незначительным он ни был. Поскольку диаграмма Парето расценивается как эффективное средство решения проблем, следует рассматривать только немногочисленные существенно важные причины. Однако устранение относительно неважной причины простым путем может послужить примером эффективного решения проблемы, а приобретенный опыт, информация и моральное удовлетворение – оказать благотворное воздействие на дальнейшую процедуру решения проблем;*
- *не следует упускать возможности составить диаграмму Парето по причинам.*

После выявления проблемы путем построения диаграммы Парето по результатам важно определить причины ее возникновения. Это необходимо для ее решения. При использовании диаграммы Парето для выявления результатов деятельности и причин наиболее распространенным методом является **ABC-анализ**.

Сущность ABC-анализа в данном контексте заключается в определении трех групп, имеющих три уровня важности для управления качеством:

1. **группа А** – наиболее важные, существенные проблемы, причины, дефекты. Относительный процент группы А в общем количестве дефектов

(причин) обычно составляет от 60 до 80%. Соответственно устранение причин группы А имеет большой приоритет, а связанные с этим мероприятия – самую высокую эффективность;

2. **группа В** – причины, которые в сумме имеют не более 20%;

3. **группа С** – самые многочисленные, но при этом наименее значимые причины и проблемы.

Пример использования ABC-анализа в рамках диаграммы Парето приведен на рисунке 15.

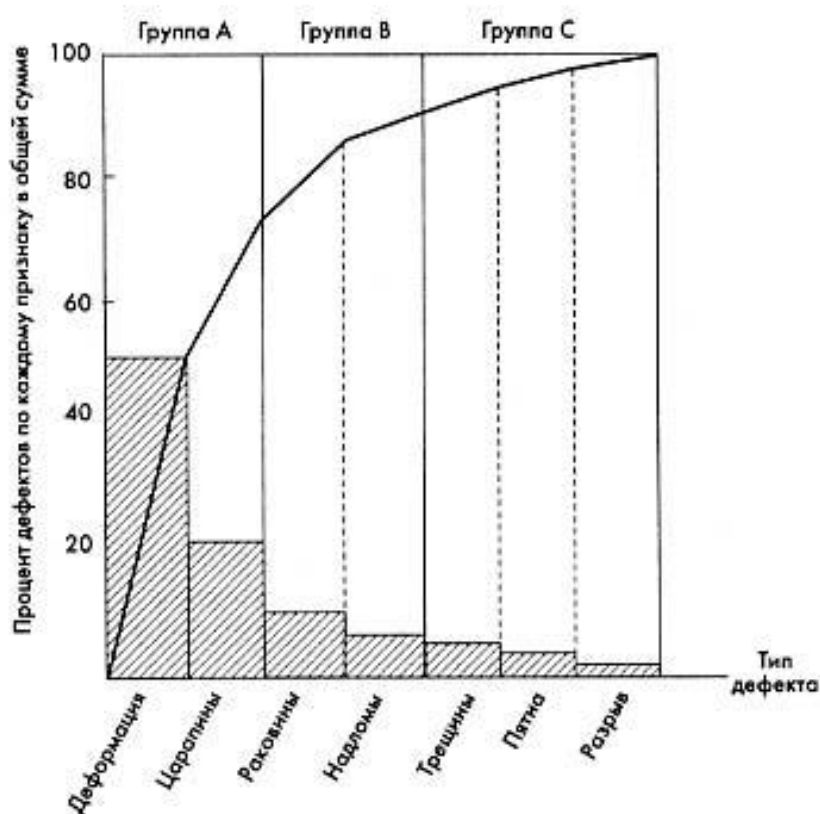


Рисунок 15 – Пример использования ABC-анализа

ABC-анализ позволяет обоснованно определять приоритеты работ по управлению качеством проекта.

3. КРУЖКИ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА

Для успешного применения инструментов контроля качества необходимо изучение этих инструментов работниками предприятия. Программой японского союза ученых и инженеров в 50-х гг. XX в. предусматривалось обучение работников статистическим методам контроля. Такие группы обучающихся стали называться **кружками контроля качества (Quality Control Circles)**.

Основные положения концепции кружков качества сформулировал в 1962 г. Каору Исикава. Было установлено, что при объединении людей в группу *облегчаются взаимодействия и повышается индивидуальная активность и работоспособность*. Были выделены и описаны такие характеристики малой группы, как её величина, композиция, каналы коммуникации, межличностные отношения, стиль лидерства и ряд других. По представлению К. Исикавы, кружок качества – это группа людей, функционирующая непосредственно на рабочем месте, основной задачей которой является поиск, изучение и решение практических задач, а также постоянное обучение. При организации кружков обязательно должен соблюдаться принцип полной добровольности. Между кружками должно быть организовано широкое соревнование как внутри фирмы так и в масштабах всей страны. Существенная часть работы кружков - общефирменная образовательная программа. Успехи работы кружков должны широко освещаться и пропагандироваться внутрифирменными, региональными и общенациональными средствами информации и отмечаться различными формами поощрения.

Правила организации кружков контроля качества:

- 1) Типичный кружок состоит из 6-8 человек (по правилам, кружок качества – это небольшая группа, состоящая из не менее, чем 3 и не более, чем из 12 человек);
- 2) Участие в деятельности кружка является строго добровольным;

3) Кружки контроля качества – это самостоятельно работающие группы (но не работающие в рамках единой административной системы предприятия);

4) Кружки сами выбирают тему для своей работы;

5) Свою деятельность кружки осуществляют в нерабочее время;

6) Кружки контроля качества выполняют работу по контролю качества (работу, касающуюся качества, безопасности, стоимости и т.д.);

7) Кружок контроля качества – это небольшая группа на одном рабочем месте (руководитель и подчиненный составляют одно целое).

Основная идея работы кружков контроля качества:

1) Кружки контроля качества вносят вклад в существенное улучшение и развитие работы предприятия.

2) Кружки контроля качества позволяют улучшить моральный климат среди членов рабочей группы, способствуют развитию чувства собственного достоинства каждого и создание отношений между всеми членами кружка, основанных на уважении и человечности.

3) Кружки контроля качества создают условия для повседневного роста, развития творческих способностей человека.

Основная цель деятельности кружков качества:

1) изыскивать дополнительные возможности для эффективного управления со стороны мастеров и линейного руководства нижнего уровня, способствовать их саморазвитию;

2) поднять уровень трудовой морали рабочих на производстве и создать атмосферу, в которой усилится сознательное отношение каждого члена трудового коллектива к качеству и к недостаткам на производстве;

3) функционировать как «ядра» общей системы управления, что обеспечит поддержку и внедрение политики обеспечения качества продукции.

Главной целью всей теоретической и практической деятельности по организации кружков контроля качества является, естественно, обеспечение победы в конкурентной борьбе и повышение прибылей фирмы.

Реализация поставленных целей в большой степени зависит от принятого на фирме *стиля управления наёмным персоналом*. Для успешного выполнения задач, поставленных перед кружками контроля качества, руководство должно воспринимать рядовых рабочих и служащих как сознательных членов трудового коллектива, лучше всех знающих, как выполнять свою трудовую операцию, заинтересованных в укреплении и процветании своего предприятия, в собственном саморазвитии, в рациональном решении производственных проблем.

Принципы кружков контроля качества приведены на рисунке 16.

10 ПРИНЦИПОВ ОРГАНИЗАЦИИ КРУЖКОВ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА:

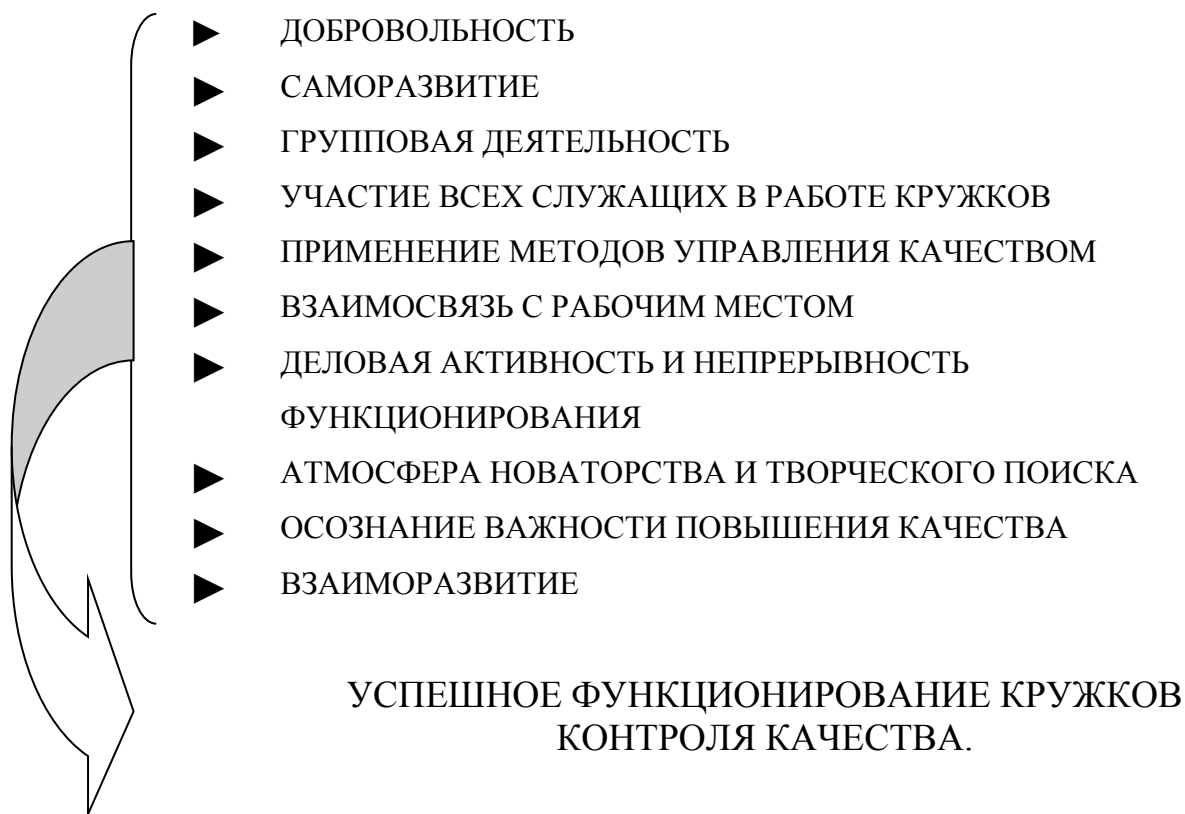


Рисунок 16 – 10 принципов организации кружков контроля качества

Для того, чтобы деятельность кружков качества была эффективной, необходимо:

- 1) Быстрая (около суток) реакция руководства (положительная или отрицательная) на предложения, выдвигаемые кружками;
- 2) Существование мер поощрения как морального, так и материального характера за успешную работу.

В США организации, подобные кружкам контроля качества, называются **командами по усовершенствованию (Improvement Teams)**. Отличие команд по усовершенствованию от кружков контроля качества состоит в том, что команды по усовершенствованию чаще уполномочены сами выполнять то, что они предлагают.

Изучаемые вопросы:

1. Статистическое регулирование технологических процессов.
Карты контроля по количественному признаку.

1. СТАТИСТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ. КАРТЫ КОНТРОЛЯ ПО КОЛИЧЕСТВЕННОМУ ПРИЗНАКУ

1.1 Основы контрольных карт Шухарта

Традиционный для середины XX века подход к производству включал в себя контроль качества готовой продукции и отбраковку единиц продукции, не соответствующих установленным требованиям. Такой подход в настоящее время не может считаться приемлемым и противоречит одному из принципов всеобщего управления качеством (*TQM*), гласящему, что дефекты и несоответствия должны в первую очередь предотвращаться, а не обнаруживаться и устраняться [1]. Предотвращение потерь, связанных с выпуском некачественной (несоответствующей) продукции, предполагает сбор информации о самих процессах, ее анализ и формирование необходимых управляющих воздействий на процесс.

Одними из наиболее эффективных статистических инструментов анализа технологических процессов являются **контрольные карты Шухарта** [2,3].

Теория контрольных карт различает два вида изменчивости:

1 Изменчивость из-за случайных (обычных) причин, обусловленная бесчисленным набором разнообразных причин, присутствующих постоянно, которые нелегко или невозможно выявить. Каждая из таких причин вызывает очень малую долю общей изменчивости, и ни одна из них не значима сама по себе. Тем не менее, сумма всех этих причин измерима и внутренне присуща процессу. Исключение или уменьшение влияния обычных причин требует, как правило, значительных дополнительных затрат на модернизацию процесса.

2 Изменчивость из-за неслучайных (особых) причин. Особые причины не присущи процессу внутренне (нетипичны для процесса) и могут быть выявлены и устранены. К ним могут быть отнесены, например, поломка инструмента, значительные изменения температуры окружающей среды, невыполнение отдельных технологических операций и т.д.

Целью **статистического регулирования технологических процессов** является обеспечение соответствия продукции установленным требованиям посредством стабильного поддержания характеристик процесса на требуемом уровне. Главный статистический инструмент, используемый для этого, – контрольная карта. **Контрольная карта** – графический инструмент представления информации, представленной в виде последовательности выборок, отражающей текущее состояние процесса, и сопоставление ее с границами, установленными на основе внутренне присущей процессу изменчивости.

Задача контрольных карт – обнаружить неестественные для данного процесса изменения контролируемых параметров и характеристик, сформировать критерии статистической управляемости. Процесс находится в статистически управляемом состоянии, если его изменчивость вызвана только случайными причинами. Если процесс находится в статистически управляемом состоянии, качество продукции предсказуемо. После определения приемлемого уровня изменчивости любое отклонение от него считают результатом действия особых причин, которые следует выявить, исключить или ослабить.

Карты Шухарта требуют данных, содержащихся в выборках (подгруппах), которые могут извлекаться либо через определенные интервалы времени (например, ежечасно), либо из определенных совокупностей единиц продукции (например, партий). Обычно все выборки имеют равные либо близкие объемы и состоят из однотипных единиц продукции с одними и теми же контролируемыми показателями. Для каждой выборки определяют одну или несколько статистических характеристик, например, среднее арифметическое выборки \bar{X} и размах выборки R .

Карта Шухарта – это график значений определенных статистических характеристик выборок в зависимости от их номеров. Кроме данного графика на карту наносятся:

- центральная линия (CL);
- верхняя (UCL) и нижняя (LCL) контрольные границы.

Общий вид контрольной карты Шухарта приведен на рисунке 17.

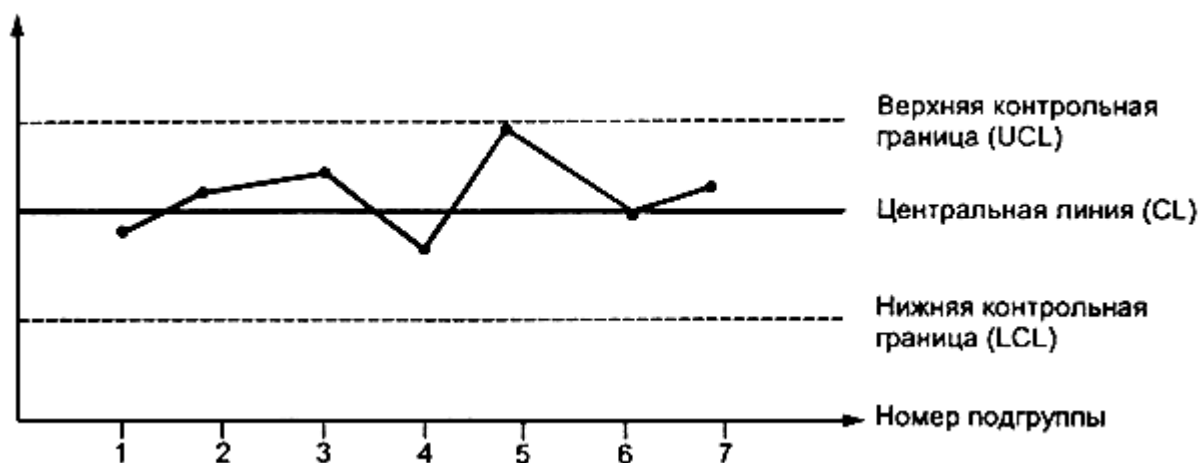


Рисунок 17 – Общий вид контрольной карты Шухарта

Центральная линия соответствует эталонному значению контролируемой характеристики. При оценке того, находится ли процесс в статистически управляемом состоянии, эталонным служит среднее арифметическое рассматриваемых данных. При управлении процессом эталонным служит значение характеристики продукции, установленное в технических условиях,

основанное на предыдущей информации о процессе, или намеченное целевое значение характеристики.

Контрольные границы (UCL , LCL) на картах Шухарта находятся на расстоянии 3σ от центральной линии, где σ – **генеральное среднеквадратической (стандартное) отклонение используемой характеристики процесса**. Для получения оценки σ вычисляют выборочное стандартное отклонение или умножают выборочный размах на соответствующий коэффициент.

Границы $\pm 3\sigma$ указывают, что около 99,7% полученных значений характеристики выборок попадут в эти пределы при условии, что процесс находится в статистически управляемом состоянии. Вероятность того, что нарушение границ в самом деле случайное событие, не вызванное особой причиной, считается столь малой, что при появлении точки вне границ следует предпринять определенные действия. В связи с этим, $\pm 3\sigma$ контрольные границы иногда называются «границами действий».

При применении контрольных карт возможны ошибки первого и второго рода.

Ошибка первого рода возникает, когда процесс находится в статистически управляемом состоянии, а точка выходит за контрольные границы случайно. В результате неправильно решают, что процесс вышел из состояния статистической управляемости, и делают попытку найти и устранить несуществующий особый фактор.

Ошибка второго рода возникает, когда рассматриваемый процесс статистически неуправляем, а точки случайно оказываются внутри контрольных границ. В этом случае неверно заключают, что процесс статистически управляем и упускают возможность предупредить увеличение количества выпускаемой несоответствующей продукции.

Система карт Шухарта учитывает только ошибки первого рода. Поскольку в общем случае непрактично делать полную оценку потерь от ошибки второго рода в конкретной ситуации, целесообразно использовать

границы на расстоянии $\pm 3\sigma$ и сосредоточивать внимание в основном на улучшении качества самого процесса.

Когда наносимое на контрольную карту значение выходит за любую из контрольных границ или серия значений демонстрирует необычные структуры, состояние статистической управляемости подвергается сомнению. В этом случае необходимо исследовать и обнаружить неслучайные (особые) причины, процесс можно остановить или скорректировать. Как только особые причины найдены и исключены, процесс снова готов к продолжению работы. Если никакой особой причины не найдено, то считают, что произошла ошибка первого рода, а процесс находится в статистически управляемом состоянии.

1.2 Классификация контрольных карт Шухарта

Выделяют два вида контрольных карт Шухарта:

1 Контрольные карты, для которых не заданы стандартные значения. Стандартные значения – значения, априорно установленные в соответствии с некоторыми конкретными требованиями или целями. Цель таких карт – обнаружение отклонений значений статистических характеристик, которые вызваны неслучайными причинами.

2 Контрольные карты, для которых заданы стандартные значения. Цель таких карт – определение того, отличаются ли наблюдаемые значения характеристик процесса (например, \bar{X}) от соответствующих стандартных значений (например, X_0) больше, чем можно ожидать при действии только случайных причин. Стандартные значения могут быть основаны на опыте, полученном при анализе аналогичных технологических процессов, на экономических показателях или указаны в технических требованиях на продукцию.

В настоящем курсе далее рассматриваются только контрольные карты, для которых не заданы стандартные значения.

Выделяют статистический контроль **по количественному и качественному (альтернативному) признакам**.

Контроль качества продукции, в процессе которого определяют значения одного или нескольких количественных показателей качества (например, сопротивление в омах, шум в децибелах и т.д.), а последующее решение о контролируемой совокупности принимают в зависимости от этих значений, называется **контролем по количественному признаку**.

Контроль качества продукции, в ходе которого каждую проверенную её единицу относят к определенной группе, а последующее решение о контролируемой совокупности принимают в зависимости от соотношения количеств её единиц, оказавшихся в разных группах, называется **контролем по качественному признаку**.

Контроль по альтернативному признаку является частным случаем контроля по качественному, когда совокупность продукции состоит из двух групп: годной и дефектной (соответствующей и несоответствующей) продукции. Решение о контролируемой совокупности принимается в зависимости от числа обнаруженных дефектных единиц или числа дефектов, приходящихся на определенное число единиц продукции.

В соответствии с этим контрольные карты Шухарта также разделяют на два типа: карты контроля по количественному признаку и карты контроля по качественному либо альтернативному признаку.

Примерами контрольных карт по количественному признаку являются:

- карты среднего (\bar{X}) и размахов (R);
- карты индивидуальных значений (X) и скользящих размахов (R);
- карты медиан (Me) и размахов (R).

Примеры и остальные сведения о картах контроля по качественному и альтернативному признакам рассмотрим на следующей лекции.

Для контрольных карт, использующих количественные данные, предполагается нормальное (гауссово) распределение значений внутри

выборок. Поскольку контрольные границы используются только как эмпирические критерии при принятии решений, целесообразно пренебрегать малыми отклонениями от нормальности.

В этой и следующей лекциях рассматриваются только карты средних арифметических (\bar{X}), размахов (R) и долей несоответствующих единиц продукции (p). Эти карты являются самыми распространенными.

Для анализа и управления процессом по количественному признаку совместно используются карты средних арифметических (\bar{X}) и размахов (R). Полученное сочетание называют \bar{X} - R -картой. В случае использования альтернативных данных достаточно применения только карты долей несоответствующих единиц продукции (p).

Не смотря на то, что получение количественных данных дороже, чем альтернативных, объемы выборок для количественных данных почти всегда значительно меньше. Это позволяет в некоторых случаях снизить общую стоимость контроля и уменьшить временной разрыв между производством продукции и корректирующим воздействием. Так, для построения \bar{X} - R -карты в большинстве случаев достаточно 20...25 выборок, объемом 4...5. При построении p -карты при том же количестве выборок объем выборки должен быть таким, чтобы для предполагаемой доли несоответствующей продукции среднее количество обнаруживаемых несоответствующих единиц продукции в выборке было не менее пяти. Например, если требуется следить за процессом с долей несоответствующей продукции порядка 1%, то нужны выборки объемом не менее 500 изделий.

Нет общих правил для выбора частоты отбора выборок и их объемов. Частота может зависеть от стоимости процедур взятия и анализа выборки, а объем подгрупп – от ряда практических соображений. Например, большие выборки, берущиеся с меньшей частотой, могут обнаружить малый сдвиг среднего процесса более точно, но малые выборки, берущиеся чаще, обнаруживают большие сдвиги быстрее. Часто объем выборки берется равным 4 или 5 единиц, а частота отбора обычно выше в начале работы, чем при

достижении состояния статистической управляемости. Обычно 20...25 подгрупп объема 4 или 5 рассматриваются как приемлемые для получения предварительных оценок.

1.3 Карта средних арифметических и размахов (\bar{X} -R-карта)

В таблицах 6 и 7 приведены формулы контрольных границ и коэффициенты для \bar{X} -R-карт [2,3].

Таблица 6 – Формулы контрольных границ \bar{X} -R-карт

Статистика	Центральная линия (CL)	Контрольные границы (LCL и UCL)	
		LCL	UCL
\bar{X}	$\bar{\bar{X}}$	$\bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R}$	$\bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R}$
R	\bar{R}	$D_3 \bar{R}$	$D_4 \bar{R}$

Таблица 7 – Коэффициенты \bar{X} -R-карт

Объем выборки, <i>n</i>	Коэффициенты \bar{X} -R-карт			
	A_2	D_3	D_4	$1/d_2$
2	1,880	0,000	3,267	0,8865
3	1,023	0,000	2,574	0,5907
4	0,729	0,000	2,282	0,4857
5	0,577	0,000	2,114	0,4299
6	0,483	0,000	2,004	0,3946
7	0,419	0,076	1,924	0,3698
8	0,373	0,136	1,864	0,3512
9	0,337	0,184	1,816	0,3367
10	0,308	0,223	1,777	0,3249

Система карт Шухарта опирается на следующее условие: если изменчивость процесса от единицы к единице и среднее процесса остаются постоянными на данных уровнях (оцененные, соответственно, по \bar{R} и $\bar{\bar{X}}$), то

размахи R и средние \bar{X} отдельных подгрупп будут меняться только случайным образом и редко выходить за контрольные границы. Не допускаются очевидные тренды или необычные структуры данных.

Последовательность построения и использования \bar{X} - R -карты:

1 Собирают и анализируют данные, вычисляют средние и размахи.
2 Строят R -карту. Сопоставляют нанесенные точки размахов с контрольными границами, выделяют точки вне границ, необычные структуры или тренды, например непрерывный рост размахов в течение ряда выборок. Для каждого сигнала о наличии неслучайной причины в значениях размаха проводят анализ операций процесса, чтобы определить причину. Проводят корректирующие действия и действия по предотвращению повторения данной причины.

3 Исключают все подгруппы, на которые повлияла особая причина, затем пересчитывают и наносят на карту новые средний размах \bar{R} и контрольные границы. Пункты 2 и 3 повторяют, пока последняя из построенных диаграмм не укажет на статистическую управляемость. Выборки, исключенные из R -карты из-за выявленных особых причин, надо исключить и из \bar{X} -карты.

4 Строят \bar{X} -карту и сравнивают ее точки с контрольными границами. Выделяют точки вне границ, необычные структуры точек или тренды. Для \bar{X} -карты существует ряд критериев, позволяющих выявлять неслучайные причины [3,4]. Таковыми, например, являются:

- девять точек подряд по одну сторону от центральной линии;
- шесть возрастающих или убывающих точек подряд;
- четырнадцать попеременно возрастающих и убывающих точек.

Эти критерии следует рассматривать только как примеры ситуаций, когда может быть установлено проявление неслучайных причин. Следует обращать внимание на любое необычное расположение точек. Далее, также как и для R -

карты проводят корректирующие действия. Точки (выборки), для которых были найдены неслучайные причины, исключают. Выборки, исключенные из \bar{X} -карты из-за выявленных особых причин, надо исключить и из R -карты. Повторно вычисляют и наносят на график новое среднее процесса (\bar{X}) и контрольные границы. Пункт 4 повторяют, пока последняя из построенных диаграмм не укажет на статистическую управляемость.

5 При необходимости, после устранения особых причин, пункты 1...5 повторяют. Полученные контрольные границы используют для дальнейшего статистического управления процессом.

При статистическом управлении процессом решается ряд задач:

- обнаружение выхода процесса из статистически управляемого состояния;
- систематическое обнаружение возникающих особых (неслучайных) причин и устранение их;
- настройка процесса;
- определение возможностей процесса, принятие решений по его улучшению.

Возможности процесса определяются его изменчивостью, обусловленной только обычными причинами, т.е. минимальной изменчивостью, которая остается после устранения всех особых причин. Возможности процесса – это показатели самого процесса в статистически управляемом состоянии. Процесс сначала приводят в такое состояние, а затем определяют его возможности. Перед определением возможностей процесса текущие контрольные карты должны демонстрировать сохранение процесса в статистически управляемом состоянии, по крайней мере, для 25 выборок. Далее разброс данных на выходе процесса сравнивается с техническими требованиями для подтверждения того, что эти требования могут быть уверенно выполнены.

Возможности процесса определяют **индексом возможностей процесса** *PCI*:

$$PCI = \frac{UTL - LTL}{6\hat{\sigma}}, \quad (69)$$

где: *UTL* – верхнее предельно допустимое значение контролируемого параметра;

LTL – нижнее предельно допустимое значение контролируемого параметра;

$\hat{\sigma}$ – оценка среднеквадратического отклонения внутри выборок.

Существует несколько методов определения $\hat{\sigma}$. Наиболее простой из них выражается формулой [2]:

$$\hat{\sigma} = \bar{R} / d_2. \quad (70)$$

Величина $1/d_2$ приведена в таблице 7.

Индекс возможностей *PCI* часто применяют для **классификации процессов в зависимости от степени соответствия установленным допускам** [5]:

- низкая относительная возможность процесса: $PCI < 1$ (трудно обеспечить допуск);
- средняя относительная возможность процесса: $PCI < 1,33$;
- высокая относительная возможность процесса: $PCI > 1,33$ (нетрудно обеспечить допуск).

На практике в качестве минимально приемлемого значения берется $PCI = 1,33$.

Наряду с индексом возможностей процесса используется величина, обратная ему – **коэффициент точности процесса**:

$$K_m = \frac{1}{PCI}. \quad (71)$$

Если процесс находится в управляемом состоянии и возможности его приемлемы, следует обратить внимание на центр настройки контролируемого параметра, положение которого указано на \bar{X} -карте. Положение центра настройки оценивают с помощью коэффициента настроенности процесса [6]:

$$K_n = \frac{\bar{\bar{X}} - \left(\frac{UTL + LTL}{2} \right)}{UTL - LTL}. \quad (72)$$

Чем ближе величина K_n к нулю, тем точнее настроен процесс. В случае обнаружения большого отклонения от эталонного значения следует изменить настройку процесса.

Ключевым параметром, влияющим на принятие решений о воздействии на технологический процесс, является уровень дефектности. **Уровень дефектности** – доля дефектных единиц продукции или число дефектов на сто единиц продукции. Если рассчитаны K_n и K_m , уровень дефектности может быть определен из номограммы, приведенной на рисунке 18 [6].

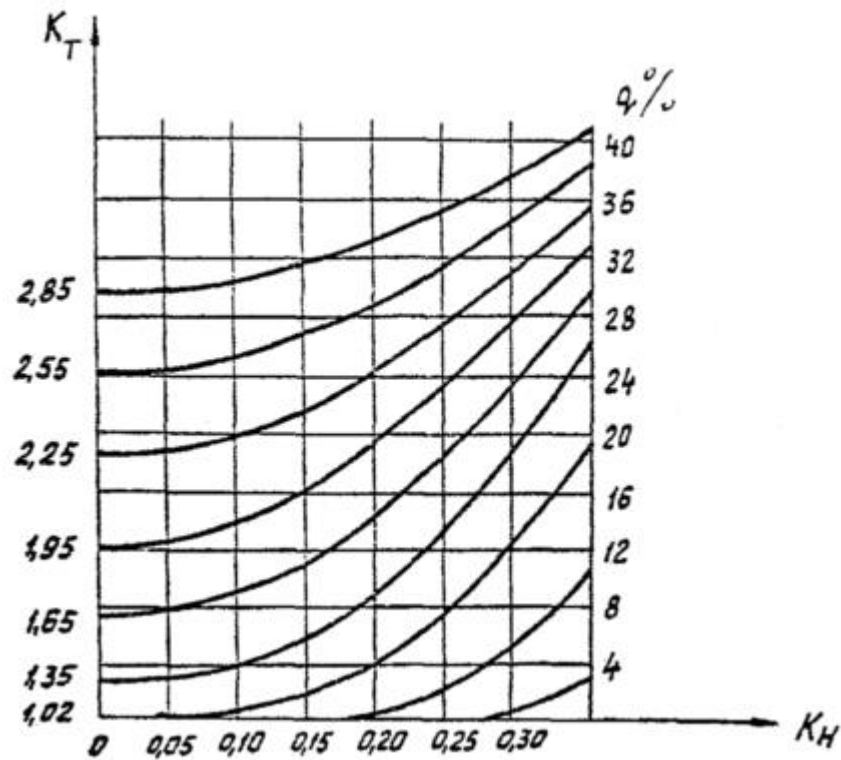


Рисунок 18 – Номограмма определения уровня дефектности

Кроме того, для определения доли дефектной продукции можно воспользоваться формулой:

$$P = 1 - \Phi\left(\frac{UTL - \bar{X}}{\hat{\sigma}}\right) + \Phi\left(\frac{LTL - \bar{X}}{\hat{\sigma}}\right), \quad (73)$$

где $\Phi(\bullet)$ – функция нормального распределения случайной величины.

1.4 Пример построения и анализа \bar{X} -R-карты

В таблице 8 приведены результаты измерений сопротивлений 25 выборок резисторов ($k=25$), объемом 5 штук каждая ($n=5$). Требуется привести технологический процесс производства резисторов номинальным сопротивлением 1 кОм и максимально допустимой погрешностью $\pm 5\%$ в статистически управляемое состояние, после чего оценить его возможность

производить резисторы с указанными параметрами, сделать выводы о необходимости настройки либо модернизации оборудования. Вероятная доля дефектных резисторов не должна превышать 1%.

Найденные средние значения и размахи выборок также занесены в таблицу 8.

Таблица 8 – Данные технологического процесса

Номер выборки	Сопротивление					Среднее (\bar{X})	Размах (R)
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5		
1	0,995	0,999	1,013	1,005	1,001	1,003	0,018
2	1,011	0,991	0,983	0,982	1,016	0,996	0,034
3	0,990	1,010	1,058	0,985	0,989	1,006	0,073
4	1,011	1,013	1,007	1,020	0,983	1,007	0,037
5	1,015	0,998	1,017	1,008	1,006	1,009	0,019
6	1,007	1,001	0,982	0,987	1,017	0,999	0,035
7	1,003	0,988	1,001	1,016	1,005	1,003	0,028
8	0,988	1,005	0,986	0,988	0,984	0,990	0,021
9	0,982	0,981	1,016	1,017	1,001	1,000	0,036
10	0,988	1,017	1,016	0,988	1,009	1,003	0,029
11	1,000	1,011	1,004	1,006	0,982	1,001	0,028
12	1,004	1,002	1,011	0,980	1,011	1,002	0,031
13	1,019	1,004	0,984	1,013	1,015	1,007	0,034
14	1,005	1,009	0,990	0,993	1,003	1,000	0,019
15	1,018	0,981	0,997	1,017	1,012	1,005	0,036
16	1,004	0,996	1,011	1,003	1,010	1,005	0,014
17	0,999	0,997	0,982	1,007	1,009	0,999	0,027
18	0,990	0,980	1,012	0,987	0,986	0,991	0,031
19	0,991	0,983	1,012	1,008	1,005	1,000	0,030
20	0,990	0,991	1,008	1,002	0,994	0,997	0,018
21	1,009	0,984	0,988	0,999	0,987	0,993	0,024
22	0,992	0,993	1,019	1,003	0,983	0,998	0,036
23	0,997	0,984	1,016	1,018	1,010	1,005	0,034
24	1,001	0,994	1,017	1,003	1,010	1,005	0,022
25	0,998	0,984	1,010	1,005	1,012	1,002	0,028

Определим среднее значение размахов выборок.

$$\bar{R} = \frac{\sum R}{k} = \frac{0,745}{25} = 0,0298.$$

Находим координаты центральной линии (CL), верхней (UCL) и нижней (LCL) контрольных границ по формулам, приведенным в таблице 6. Коэффициенты формул приведены в таблице 7.

$$CL = \bar{R} = 0,0298.$$

$$UCL = D_4 \bar{R} = 2,114 \cdot 0,0298 = 0,06298.$$

$$LCL = D_3 \bar{R} = 0 \cdot 0,0298 \text{ (LCL отсутствует).}$$

Строим R -карту (рисунок 19).

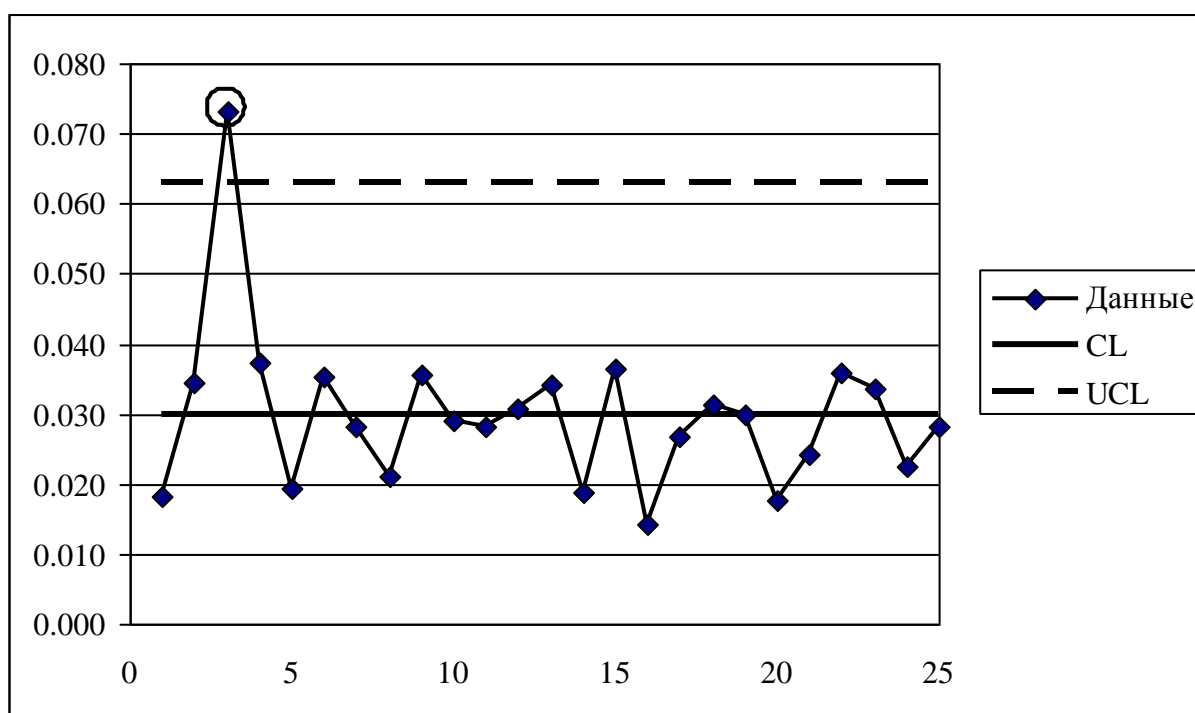


Рисунок 19 – R -карта (оригинальные данные)

Точка, соответствующая выборке номер 3, выходит за UCL , что говорит о том, что процесс находится в статистически неуправляемом состоянии. В момент изготовления резисторов из партии номер 3 на технологический

процесс действовали особые (неслучайные) факторы, которые следует найти и устранить. Необычных структур расположения точек, могущих указывать на наличие других особых факторов, на R -карте не наблюдается. Исключаем выборку номер 3 из дальнейшего рассмотрения. Рассчитываем новые значения CL , UCL , LCL .

$$\bar{R} = \frac{\sum R}{k} = \frac{0,671}{24} = 0,028;$$

$$CL = \bar{R} = 0,028;$$

$$UCL = D_4 \bar{R} = 2,114 \cdot 0,028 = 0,0591;$$

$$LCL = D_3 \bar{R} = 0 \cdot 0,028 \text{ (LCL отсутствует).}$$

Вновь полученная R -карта указывает на статистическую управляемость процесса (рисунок 20).

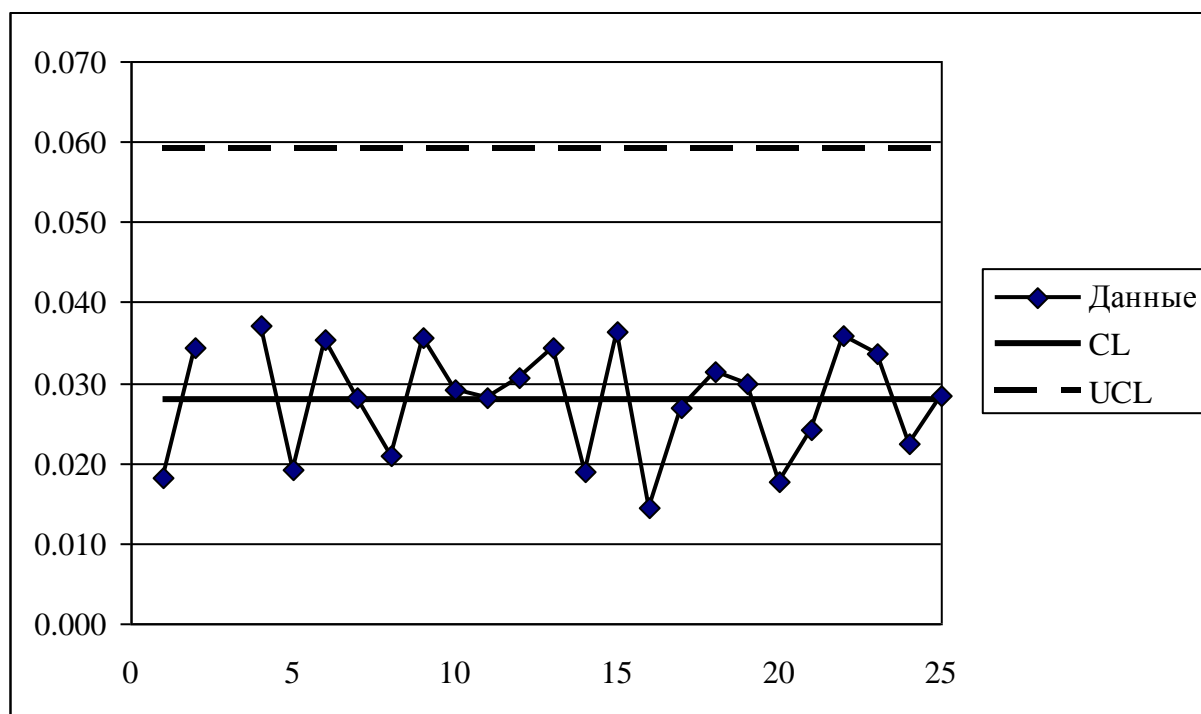


Рисунок 20 – R -карта (исключена выборка номер 3)

Вычисляем CL , UCL , LCL для \bar{X} -карты и строим \bar{X} -карту (рисунок 21). При вычислениях и построении точку 3 из первоначальной выборки исключаем.

$$CL = \bar{\bar{X}} = \frac{\sum \bar{X}}{k} = \frac{24,018}{24} = 1,0008;$$

$$UCL = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R} = 1,0008 + 0,577 \cdot 0,028 = 1,017;$$

$$LCL = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R} = 1,0008 - 0,577 \cdot 0,028 = 0,985.$$

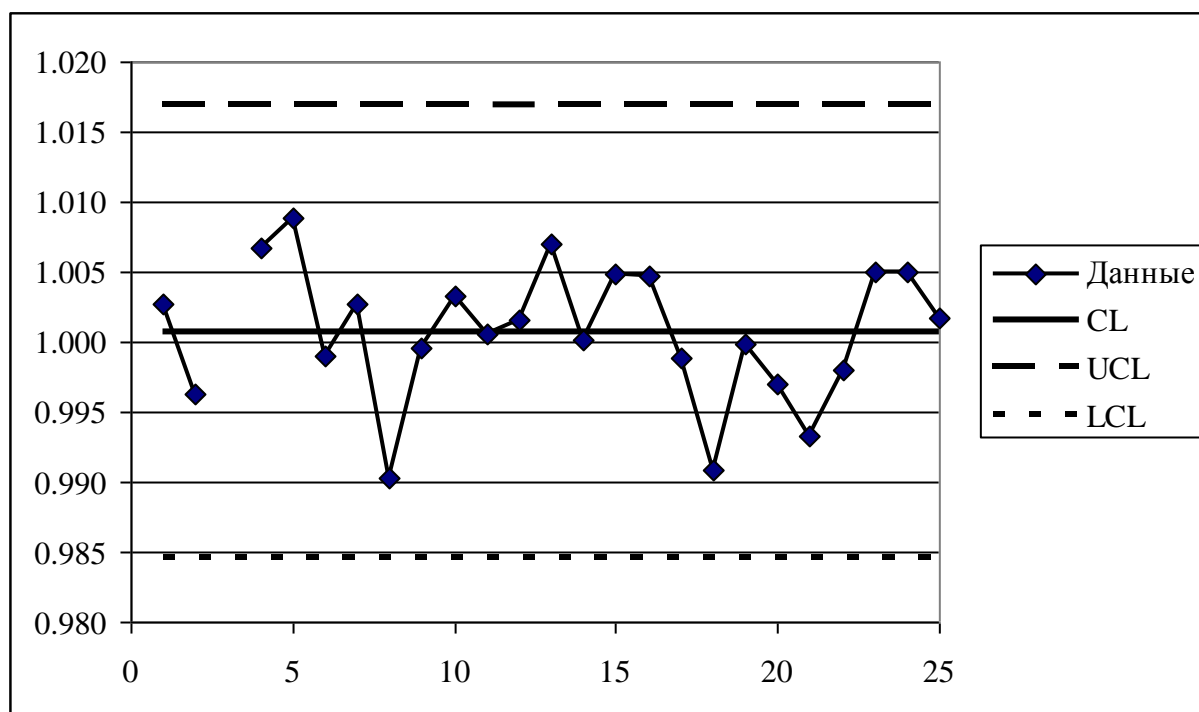


Рисунок 21 – \bar{X} -карта (исключена выборка номер 3)

На вновь полученной R -карте и на \bar{X} -карте все точки лежат внутри контрольных границ. Необычных структур расположения точек не наблюдается. Таким образом, карты, приведенные на рисунках 20 и 21, демонстрируют статистическую управляемость технологического процесса.

Оценим возможность данного процесса производить резисторы с заданными параметрами. Для этого вычислим индекс возможностей технологического процесса PCI .

Определим верхнее UTL и нижнее LTL допустимое значение контролируемого параметра:

$$UTL=1,05;$$

$$LTL=0,95.$$

Оценку среднеквадратического отклонения определим с помощью коэффициента $1/d_2$, взятого из таблицы 2 для $n=5$:

$$\hat{\sigma} = \bar{R}/d_2 = 0,028 \cdot 0,4299 = 0,0120.$$

$$PCI = \frac{UTL - LTL}{6\hat{\sigma}} = \frac{1,05 - 0,95}{6 \cdot 0,0120} = 1,386.$$

Поскольку PCI больше 1,33, считаем, что процесс способен выпускать резисторы требуемого номинала с требуемой точностью. В тоже время, так как процесс находится в статистически управляемом состоянии и PCI лишь незначительно превышает величину 1,33, существенно улучшить процесс, и, например, перейти к выпуску резисторов с погрешностью 2,5% вероятно не удастся без модернизации технологического оборудования.

Определим величины коэффициентов точности и настроенности:

$$K_m = \frac{1}{PCI} = \frac{1}{1,386} = 0,722;$$

$$K_n = \frac{\bar{\bar{X}} - \left(\frac{UTL + LTL}{2} \right)}{UTL - LTL} = \frac{1,0008 - \left(\frac{1,05 + 0,95}{2} \right)}{1,05 - 0,95} = 0,008.$$

Ввиду того, что коэффициенты слишком малы, установить по номограмме (рисунок 18) значение вероятной доли дефектных резисторов не представляется возможным. Однако, можно уверенно утверждать, что она меньше установленной в задании величины 1%. Кроме того, смещение центра настройки \bar{X} от номинального значения контролируемого параметра составляет 0,1%. Дополнительная настройка процесса не требуется.

Изучаемые вопросы:

1. Статистическое регулирование технологических процессов.
Карты контроля по качественному и альтернативному признакам.

1. СТАТИСТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ. КАРТЫ КОНТРОЛЯ ПО КАЧЕСТВЕННОМУ И АЛЬТЕРНАТИВНОМУ ПРИЗНАКАМ

1.1 Краткие сведения о картах контроля по качественному и альтернативному признакам

Часть сведений о картах контроля по качественному и альтернативному признакам была упомянута в предыдущей лекции.

Напомним их.

Контроль качества продукции, в ходе которого каждую проверенную её единицу относят к определенной группе, а последующее решение о контролируемой совокупности принимают в зависимости от соотношения количеств её единиц, оказавшихся в разных группах, называется **контролем по качественному признаку**.

Контроль по альтернативному признаку является частным случаем контроля по качественному, когда совокупность продукции состоит из двух групп: годной и дефектной (соответствующей и несоответствующей) продукции. Решение о контролируемой совокупности принимается в зависимости от числа обнаруженных дефектных единиц или числа дефектов, приходящихся на определенное число единиц продукции.

В соответствии с этим контрольные карты Шухарта также разделяют на два типа: карты контроля по количественному признаку и карты контроля по качественному либо альтернативному признаку.

Примерами контрольных карт по альтернативному признаку являются:

- карта долей несоответствующих единиц продукции (p) или карта числа несоответствующих единиц (np);
- карта числа несоответствий (c) или карта числа несоответствий, приходящихся на единицу продукции (u).

Карта для доли несоответствующих (дефектных) изделий (p -карта). В p -карте подсчитывается доля дефектных изделий в выборке. Она применяется, когда объем выборки – переменный.

Карта для числа несоответствующих (дефектных) изделий (np -карта). В np -карте подсчитывается число дефектных изделий в выборке. Она применяется, когда объем выборки – постоянный.

Карта для числа дефектов в выборке (c -карта). В c -карте подсчитывается число дефектов в выборке.

Карта для числа дефектов на одно изделие (u -карта). В u -карте подсчитывается число дефектов на одно изделие в выборке.

1.2 Карта долей несоответствующих единиц продукции (*p*-карта)

В таблице 9 приведены формулы для построения *p*-карт.

Таблица 9 – Формулы контрольных границ *p*-карт

Статистика	Центральная линия (<i>CL</i>)	3σ-е контрольные границы (<i>LCL</i> , <i>UCL</i>)	
		<i>LCL</i>	<i>UCL</i>
<i>p</i>	\bar{p}	$\bar{p} - 3 \cdot \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$	$\bar{p} + 3 \cdot \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$

Если $LCL < 0$, то граница на карту не наносится и в анализе не участвует.

Как видно из таблицы 9, положение контрольных границ зависит от объема выборок (подгрупп). Если число контролируемых единиц в каждой подгруппе различно, должны быть рассчитаны контрольные границы отдельно для каждого объема выборки. Однако, если объем выборок меняется незначительно, можно ограничиться одним набором контрольных границ, основанным на среднем объеме подгруппы. Для практических целей достаточно, если объемы выборок находятся в пределах ±25% целевого объема выборок. В этом случае в качестве *n* принимается средний объем выборок.

Используют контрольную *p*-карту аналогично \bar{X} -*R*-карте. Считается, что процесс находится в состоянии статистической управляемости, если все точки *p*-карты расположены внутри контрольных границ без выбросов, указывающих на наличие особых причин. Точки, выходящие за контрольные границы, исключают, определяют новые контрольные границы, повторно строят карту. Процесс повторяется до тех пор, пока последняя из построенных *p*-карт не укажет на статистическую управляемость.

1.3 Пример построения и использования p -карты

В таблице 10 указаны количество несоответствующих единиц и общее количество единиц в 25 подгруппах ($k=25$), полученных при сплошном контроле выключателей с помощью устройства автоматического контроля. Выключатели производят на автоматической сборочной линии. Необходимо с помощью p -карты привести технологический процесс в статистически управляемое состояние.

Таблица 10 – Исходные данные p -карты

Номер подгруппы (i)	Количество несоответствующих единиц в подгруппе (y_i)	Общее количество единиц в подгруппе (n_i)	Доля несоответствующих единиц в подгруппе (p_i)
1	4	3121	0,00128
2	11	3286	0,00335
3	11	3125	0,00352
4	5	3125	0,00160
5	10	3043	0,00329
6	4	3003	0,00133
7	10	3110	0,00322
8	7	3051	0,00229
9	4	3226	0,00124
10	0	3085	0,00000
11	14	3045	0,00460
12	2	3172	0,00063
13	14	3296	0,00425
14	14	3292	0,00425
15	11	3211	0,00343
16	15	3152	0,00476
17	3	3221	0,00093
18	3	3009	0,00100
19	6	3249	0,00185
20	0	3126	0,00000
21	4	3202	0,00125
22	9	3123	0,00288
23	7	3281	0,00213
24	11	3189	0,00345
25	8	3082	0,00260

Разброс объемов подгрупп не превышает $\pm 5\%$. Таким образом, можно использовать общие контрольные границы для всех подгрупп. Вычислим центральную линию $CL = \bar{p}$, контрольные границы UCL, LCL .

$$CL = \bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^k y_i}{\sum_{i=1}^k n_i} = \frac{187}{78825} = 0,00236;$$

$$UCL = \bar{p} + 3 \cdot \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{\frac{1}{k} \sum_{i=1}^k n_i}} = 0,00236 + 3 \cdot \sqrt{\frac{0,00235(1-0,00235)}{3153}} = 0,0049595;$$

$$LCL = \bar{p} - 3 \cdot \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{\frac{1}{k} \sum_{i=1}^k n_i}} = 0,00236 - 3 \cdot \sqrt{\frac{0,00235(1-0,00235)}{3153}} = -0,0002303;$$

Так, как $LCL < 0$, LCL на p -карту не наносим.

p -карта приведена на рисунке 22.

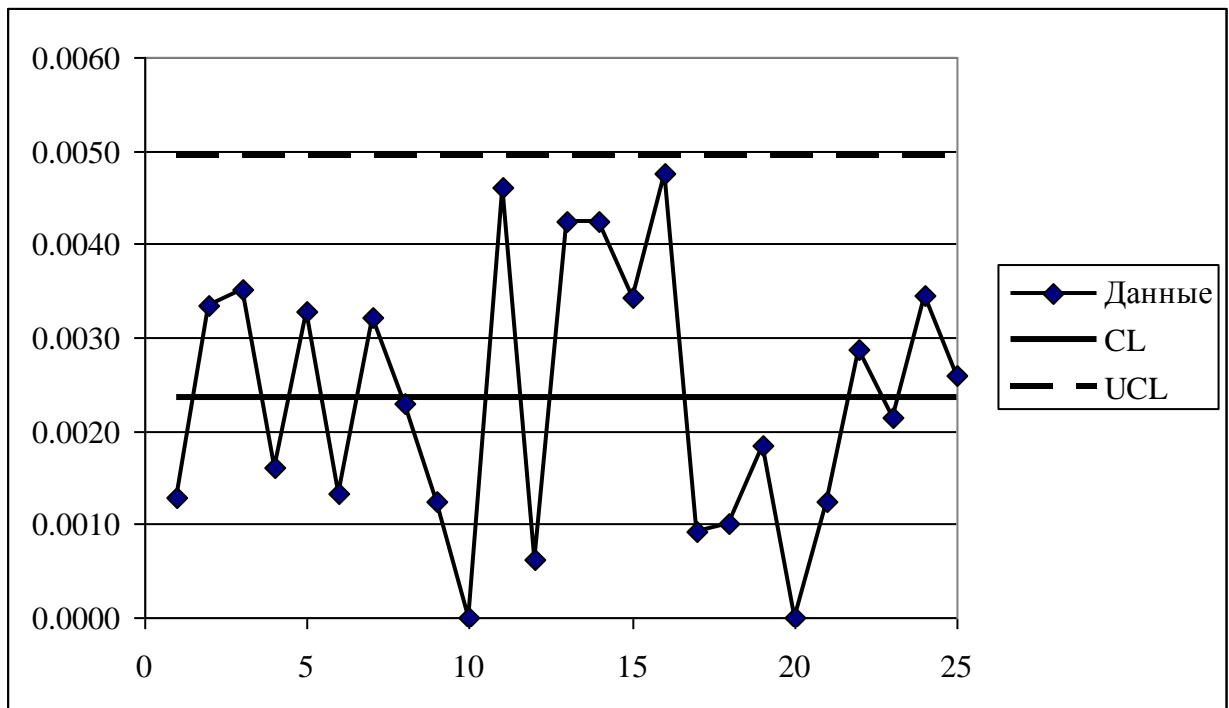


Рисунок 22 – p -карта

Как видно из рисунка 22, все точки p -карты находятся внутри контрольных границ, следовательно, исследуемый технологический процесс находится в статистически управляемом состоянии.

Изучаемые вопросы:

1. Статистический приемочный контроль.
2. Принципы статистического приемочного контроля.
3. Планы контроля.
4. Автоматизированные системы контроля и управления качеством электронных средств.

1. СТАТИСТИЧЕСКИЙ ПРИЕМОЧНЫЙ КОНТРОЛЬ

Статистический приемочный контроль (СПК) качества – это выборочный контроль качества, основанный на применении методов математической статистики для проверки соответствия качества установленным требованиям [7, 9].

В отличие от статистического регулирования технологических процессов, где по результатам контроля выборки делается вывод о состоянии процесса (налажен или разлажен) и принимаются решения о воздействиях на него, при статистическом приемочном контроле по результатам контроля выборки принимается решение – принять или забраковать партию продукции.

Статистический приемочный контроль применяется не только при контроле готовой продукции, но и при входном контроле материалов, сырья и комплектующих изделий, контроле закупок, при операционном контроле.

Статистический приемочный контроль – это выборочный контроль, при котором решение о возможности приемки или браковки всей партии принимается по результатам контроля выборки.

Контролируемой партией продукции называется предназначенная для контроля совокупность единиц продукции одного наименования, типономинала

или типоразмера и использования, произведенная в течение определенного интервала времени в одних и тех же условиях.

Статистический приемочный контроль может осуществляться по количественному, качественному и альтернативному признакам.

Основной нормативный документ – ГОСТ 18.242–72: «Статистический приемочный контроль по альтернативному признаку. Планы контроля».

Контроль качества продукции, в процессе которого определяют значения одного или нескольких количественных показателей качества, а последующее решение о контролируемой совокупности принимают в зависимости от этих значений (например, от результатов их сравнения с контрольными нормативами), называется **контролем по количественному признаку**.

Контроль качества продукции, в ходе которого каждую проверенную её единицу относят к определенной группе, а последующее решение о контролируемой совокупности принимают в зависимости от соотношения количеств её единиц, оказавшихся в разных группах, называется **контролем по качественному признаку**.

Контроль по альтернативному признаку является частным случаем, когда совокупность продукции состоит из двух групп: годной и дефектной продукции. Решение о контролируемой совокупности принимается в зависимости от числа обнаруженных дефектных единиц или числа дефектов, приходящихся на определенное число единиц продукции.

Контроль по количественному признаку дает больше информации, чем контроль по качественному и альтернативному признакам. Вместе с тем затраты на контроль по количественному признаку больше, чем затраты на два других вида контроля. Поэтому при планировании и разработке технологии контрольных операций часто отдают предпочтение контролю по альтернативному признаку.

2. ПРИНЦИПЫ СТАТИСТИЧЕСКОГО ПРИЕМОЧНОГО КОНТРОЛЯ

Необходимой предпосылкой успешного применения статистического приемочного контроля является соблюдение **двух принципов**:

- 1) обеспечение представительности выборки;
- 2) обеспечение случайного отбора единиц продукции в выборку.

Представительность выборки достигается путем обеспечения однородности партии, исключая смешивание неоднородных партий. В тех случаях, когда сформировать однородную партию не удастся, то следует партию разделить на подгруппы, составленные из однородной продукции и для каждой подгруппы отбирать единицы продукции пропорционально объему подгруппы.

Случайность отбора единиц продукции в выборку достигается с помощью различных методов случайного отбора. Наилучшим образом случайность отбора единиц продукции в выборку обеспечивается с помощью таблиц случайных чисел по ГОСТ 11.003 – 73.

Метод случайного отбора единиц продукции в выборку устанавливают в зависимости от способа их представления на контроль. ГОСТ 18321 – 73 предусматривает **четыре способа представления продукции на контроль**:

- 1) ряд;
- 2) в упаковке;
- 3) россыпь;
- 4) поток.

Способ **«ряд»** характеризуется тем, что единицы продукции, поступающие на контроль, должны быть упорядочены и могут быть пронумерованы и легко извлечены под любым номером. В этом случае используют метод отбора единиц продукции в выборку с применением таблиц

случайных чисел, по которым определяют номера единиц продукции, извлекаемых в выборку.

Способ «**в упаковке**» аналогичен способу «ряд» с той лишь разницей, что продукция находится в упаковочных единицах. Как правило, отыскать и достать единицу продукции можно лишь при нарушении упаковки.

Способ «**россыпь**» характеризуется тем, что единицы продукции поступают на контроль неупорядоченно, сложно пронумеровать каждую единицу продукции и извлечь под определенным номером. В этом случае используют метод отбора единиц продукции в выборку «вслепую».

Способ «**поток**» отличается тем, что единицы продукции поступают на контроль непрерывным потоком, можно извлечь в выборку каждую вторую, пятую или десятую единицу продукции в зависимости от объема выборки.

3. ПЛАНЫ КОНТРОЛЯ

3.1 Планы контроля. Разработка правил контроля

План контроля – описание последовательности действий, которые необходимо произвести для принятия обоснованного решения о принятии или браковке партии, включающее в себя сведения о количестве, последовательности и объеме выборок и о правилах принятия решений по результатам их контроля [8].

Для разработки правил контроля необходимо установить:

1. **Контролируемые показатели качества продукции**
2. **Виды дефектов**, которые планируется выявлять. Различают три вида дефектов: критические, значительные, малозначительные.

3. Приемочный уровень дефектности. (AQL) – максимальный уровень дефектности для одиночной партии или средний уровень дефектности для последовательности партий, который для цели приемки продукции может считаться удовлетворительным.

AQL равен отношению числа дефектных единиц продукции к числу проверенных единиц продукции, выраженному в процентах.

Для правильно выбранного плана контроля большинство из последовательностей партий будет принята, если их меньше чем AQL. При этом правильность приемки каждой конкретной партии не гарантируется.

4. Браковочный уровень дефектности – минимальный уровень дефектности в одиночной партии, который для цели приемки продукции считается неудовлетворительным.

Риском потребителя называется вероятность принятия партии, обладающей браковочным уровнем дефектности.

Риском поставщика называется вероятность браковки партии (обладającej приемочным уровнем дефектности.)

5. Уровень контроля. Определено 7 уровней контроля: общие (I,II,III) и специальные (S-1, S-2, S-3, S-4). Специальные уровни применяются, когда необходимы малые объемы выборки, для них риски потребителя и поставщика выше.

6. Тип планов контроля. Бывают следующие типы планов контроля:

- а) одноступенчатый,
- б) двухступенчатый,
- в) многоступенчатый,
- г) последовательный.

При **одноступенчатом контроле** решение о качестве партии принимается по результатам контроля только одной выборки. Данный вид

контроля применяется, если стоимость контроля единиц продукции мала, а время контроля ограничено.

При **двухступенчатом контроле** решение о качестве партии принимается по результатам контроля не более двух выборок. Необходимость отбора второй зависит от результатов первой. Первоначально в первой выборке отбирается относительно небольшое количество единиц продукции. Если количество дефектных изделий в ней велико, партия бракуется, если мало – принимается. Если оно не достаточно убедительно, то отбирается вторая выборка и решение принимается по ней. Двухступенчатый контроль применяется, если одноступенчатый не оправдан из-за большого количества единиц проверяемой продукции, а многоступенчатый и последовательный – из-за большой продолжительности.

При **многоступенчатом и последовательном контроле** решение о качестве партии принимается по результатам контроля трех и более выборок, причем при многоступенчатом количество выборок ограничено, при последовательном – нет. Последовательный контроль применяется при испытаниях на надежность.

В целом следует отметить, что с возрастанием количества ступеней количество проверяемых единиц уменьшается, но возрастает время контроля и организационная сложность его проведения.)

7. Виды планов контроля: нормальный, ослабленный, усиленный.

Нормальный контроль применяется до тех пор, пока не возникнут условия для усиленного или ослабленного контроля

Переход между видами планов контроля показан на рисунке 23.

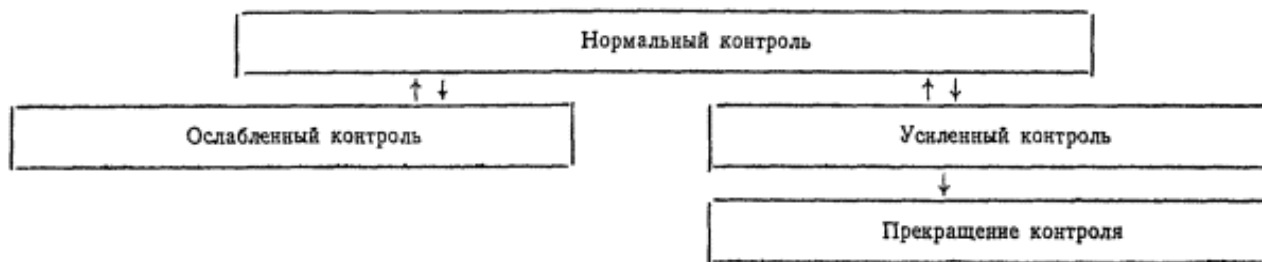


Рисунок 23 – Переход между видами планов контроля

Переходы между различными видами планов контроля:

1) *Переход с нормального контроля на усиленный контроль.*

- Если в ходе нормального контроля две из пяти последовательных партий будут забракованы, переходят на усиленный контроль.
- Партии, возвращенные для контроля после их забракования при первом предъявлении, не учитывают.
- Если десять очередных партий (или другое количество партий, установленное компетентным органом) контролируется по правилам усиленного контроля, следует прекратить приемку и принять меры для улучшения качества контролируемой продукции.

2) *Переход с усиленного контроля на нормальный контроль.*

- Если при усиленном контроле пять очередных партий будет принято, переходят на нормальный контроль.

3) *Переходы с нормального на ослабленный контроль.*

С нормального контроля на ослабленный контроль переходят, если выполнены следующие условия:

- при нормальном контроле не менее десяти последовательных партий были приняты;
- общее число дефектных изделий, выявленных при контроле последних десяти партий, не превышает предельное число дефектных изделий;
- технологический процесс стабилен и выпуск продукции ритмичен.

4) *Переход с ослабленного контроля на нормальный контроль.*

С ослабленного контроля переходят на нормальный контроль, если выполняется хотя бы одно из следующих условий:

- очередная партия забракована при первом предъявлении;
- нет оснований ни для принятия, ни для забракования партии, в таком случае партию следует принять, но, начиная со следующей партии, применять нормальный контроль;
- изменение технологии или условий производства;
- нарушены стабильность технологического процесса или ритмичный выпуск продукции;
- другие условия требуют возвращения нормального контроля.

8. Объем выборки.

3.2 Алгоритм одноступенчатого контроля. Пример записи плана контроля

Алгоритм одноступенчатого контроля (Обозначение одноступенчатого плана контроля – X(Y/Z)):

- 1) Отобрать случайным образом выборку объемом, указанным в плане контроля.
- 2) Проверить каждое изделие выборки на соответствие установленным требованиям, установить дефектные изделия.
- 3) Сравнить найденное число дефектных изделий в выборке с приемочным числом
- 4) Считать партию продукции соответствующей установленным требованиям, если найденное число дефектных изделий выборки меньше либо равно приемочному числу.

5) Считать партию не соответствующей требованиям, если число дефектных единиц выборки больше либо равно браковочного числа.

Пример записи плана контроля:

AQL=1.5%

Уровень контроля – II

Код объема выборки – J

Нормальный контроль 80 (3/4)

Усиленный контроль 80 (2/3)

Ослабленный контроль 32(1/4)

3.3 Оценка эффективности статистического приемочного контроля с помощью операционных характеристик

Какой из возможных планов контроля окажется наиболее эффективным в каждом конкретном случае, оценивают с помощью операционных характеристик. Остановимся подробнее на оценке эффективности планов контроля по альтернативному признаку с использованием операционных характеристик.

Закон сложения вероятностей: «вероятность наступления одного из нескольких несовместных событий равна сумме их вероятностей».

Закон умножения вероятностей: «если два события независимы, то вероятность их совместного наступления равна произведению их вероятностей».

Пусть партия, состоящая из N изделий, содержит некоторую долю p изделий определенного типа (например, дефектных), некоторую долю q изделий другого типа (например, бездефектных). Тогда вероятность извлечь из партии дефектное изделие составляет p , бездефектное – q . В данном случае:

$$p=1-q. \tag{74}$$

При использовании выборочного контроля необходимо знать, какова вероятность получения 0, 1, 2, 3, 4 ... дефектных изделий в выборке, если известна доля брака во всей партии. На основании этого знания можно по результатам выборки говорить об уровне дефектности всей партии.

Для партии из N изделий:

- вероятность извлечения одного дефектного изделия – p ;
- вероятность извлечения двух дефектных изделий – p^2 (на основании закона умножения вероятностей);
- вероятность извлечения одного бездефектного изделия – q ;
- вероятность извлечения двух бездефектных изделий – q^2 ;

Вероятность извлечения одного дефектного и одного бездефектного изделия – $2pq$ (на основании законов сложения и умножения вероятностей).

Сумма вероятностей при извлечении двух изделий составляет $p^2+2pq+q^2$. Для трех изделий $p^3+3p^2q+3pq^2+q^3$. Эти выражения результат разложения биномов $(p+q)^2$ и $(p+q)^3$ соответственно.

Комбинации p и q , соответствующие различным событиям, можно получить с помощью решетчатой диаграммы (рисунок 24).

			p^3
		p^2	$3qp^2$
	p	$2qp$	$3q^2p$
3			
2			
1			
0	1	q	q^2
	0	q	q^3
	0	1	2
	0	1	3

По горизонтали отложено количество проверенных изделий.

По вертикали отложено количество выявленных дефектов.

Рисунок 24 – Решетчатая диаграмма для 3-х проверенных изделий

Каждый квадрат при известной доле дефектных и бездефектных изделий в выборке позволяет вычислять вероятность того, что будет извлечена соответствующая ему комбинация дефектных и бездефектных изделий. Так клетке $3qp^2$ отражает вероятность того, что в выборке объемом 3 изделия одно окажется годным, два – бракованными, а, например, сумма двух клеток $3qp^2+q^3$ – вероятность того, что в выборке объемом 3 изделия либо одно окажется годным, два – бракованными, либо все три изделия окажутся годными.

Продолжить таблицу для больших объемов выборки можно используя формулу для числовых коэффициентов клеток:

$$\frac{n!}{d!(n-d)!} p^d q^{n-d}, \quad (75)$$

где n – число проверяемых изделий (объем выборки),
 d – число дефектных изделий.

Пример плана выборочного контроля

Рассмотрим план выборочного контроля, в соответствии с которым проверяется 10 изделий и партия принимается, если обнаруживается два или менее дефектных изделий, и бракуется, если таковых обнаруживается три или более. Такая схема обозначается: 10(2/3). Вероятность принятия составляет

$$P=q^{10}+10pq^9+45p^2q^8. \quad (76)$$

Используя эту формулу, можно построить кривую операционной характеристики для различных значений p , соответствующих данной схеме контроля.

Кривые операционных характеристик характеризуют степень риска для потребителя и изготовителя, связанного с использованием определенного плана выборочного контроля. По оси абсцисс откладывается доля дефектных

изделий в партии, предъявляемой для контроля продукции, а по оси ординат – вероятность ее принятия. Каждому плану выборочного контроля соответствует определенная операционная характеристика, которая строится на основании объема выборки и допустимого числа дефектных изделий.

Пример операционной характеристики приведен на рисунке 25.

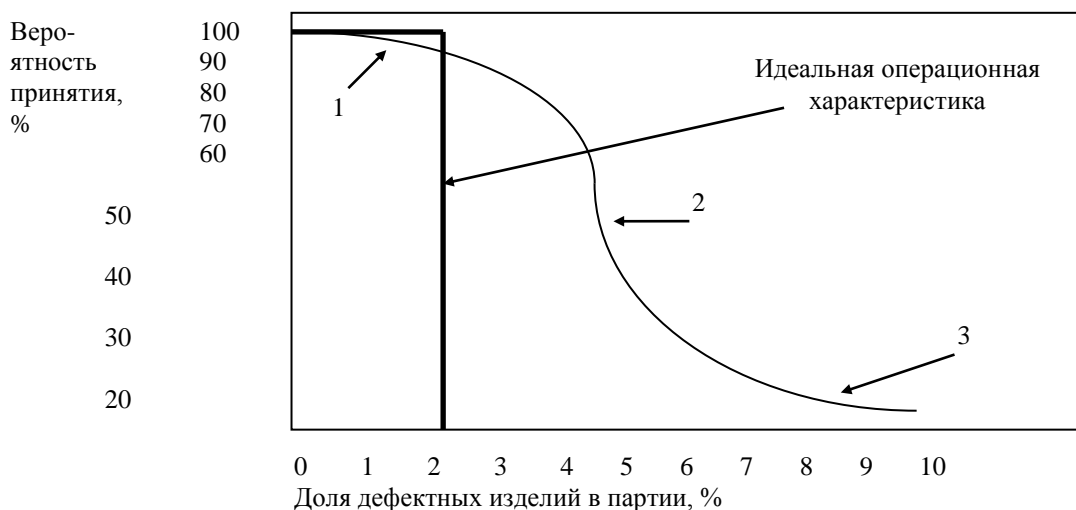


Рисунок 25 – Кривая операционной характеристики

На кривой выделяют следующие характерные точки:

1 Приемлемый уровень качества. Показатель определяется как максимальный процент дефектных изделий, который может считаться удовлетворительным с точки зрения целей выборочного контроля, т.е. процент дефектных изделий при заданной вероятности принятия продукции. Обычно устанавливается уровень качества, который заказчик будет считать приемлемым (типовое значение – 95%).

2 Точка безразличия или точка равного риска для покупателя и продавца. Определяет такой уровень качества, при котором партия имеет одинаковые шансы, как быть забракованной, так и принятой. В данном случае поставщик и потребитель несут одинаковые риски.

3 Допустимый предел дефектных изделий в одной партии. Этот показатель есть число, выражающее уровень брака, с которым согласен

потребитель при условии, что вероятность события, заключающегося в том, что доля брака в партии, предъявляемой на контроль, больше этого числа, достаточно мала. Часто выбирается 10% риск потребителя. Это значит, что с 10% вероятностью, потребитель может принять партию продукции, качество которой ниже приемлемого уровня.

4. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

Рассмотрим автоматизированные системы контроля качества электронных средств на примере **автоматизированных систем построения тестов контроля качества электронных средств.**

В настоящее время тесты для различных видов контроля качества электронных средств (ЭС) разрабатываются, в основном, с помощью систем автоматизированного проектирования (САПР), в которых имеются специальные независимые подсистемы автоматизированного построения тестов, использующие информацию о логических схемах ЭС и электрических характеристиках элементов ЭС, хранящуюся в базе данных САПР. В состав таких САПР, кроме того, входят программы, с помощью которых возможно определить тестопригодность ЭС.

Блок-схема автоматизированной системы построения тестов, приведенная на рисунке 26, является общей для функционального и параметрического контроля качества ЭС. Рассмотрим ее основные элементы [3].

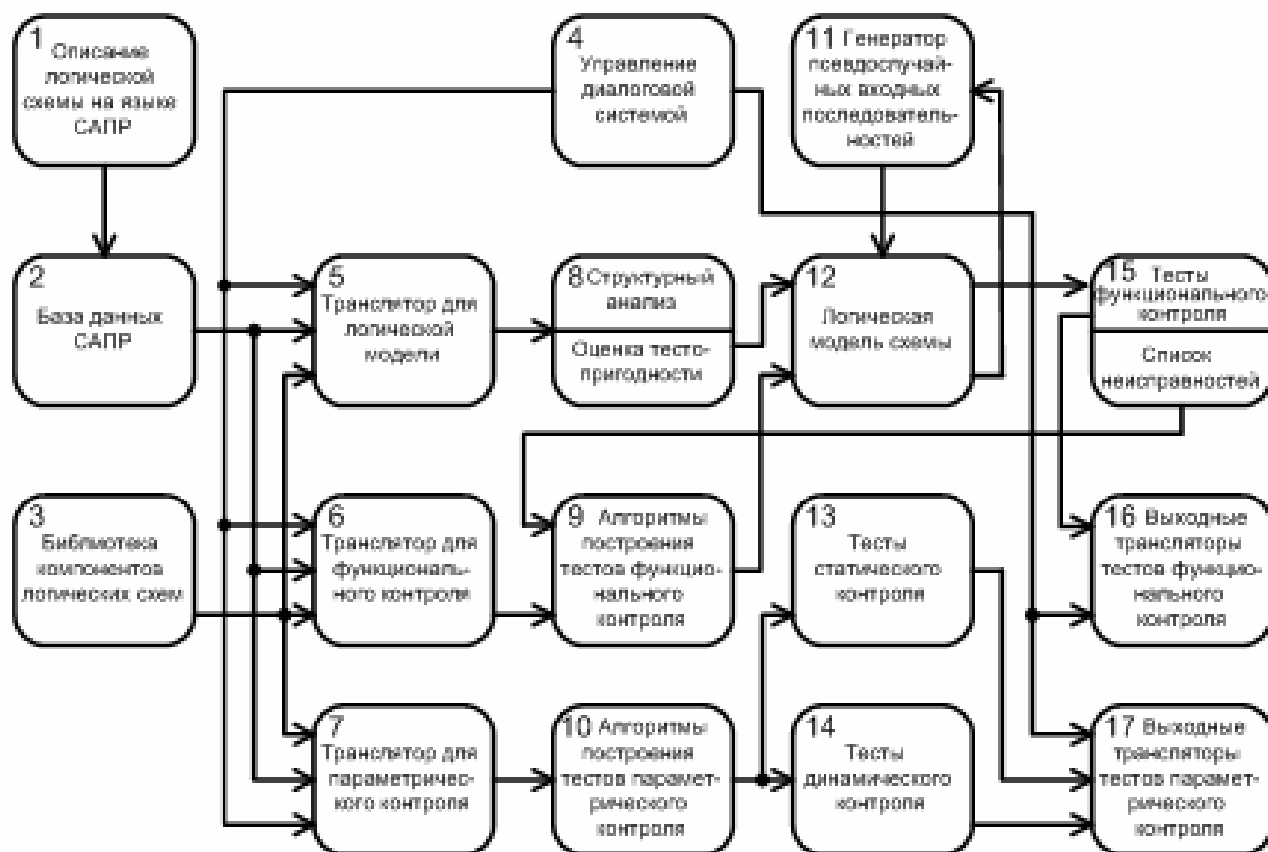


Рисунок 26 – Блок-схема автоматизированной системы построения тестов ЭС

Структура автоматизированной системы построения тестов:

Блок 1 предназначен для трансляции описания логической схемы рассматриваемого ЭС на языке САПР и передачи в базу данных (**блок 2**), где хранится информация о всех логических схемах ЭС.

Блок 3 представляет библиотеку логических элементов, соответствующих разработанным и выпускаемым интегральным микросхемам, типовым элементам замены, модулям и другим элементам с описанием их логических схем и физических характеристик.

Управление (**блок 4**) осуществляется через диалоговую систему, основным назначением которой являются задание режимов работы системы построения тестов, отображение и анализ информации о результатах работы, ввод исходных данных и анализ проектируемых тестов, а также внесение необходимых изменений в тестируемые ЭС.

Преобразование входной информации о тестируемом ЭС и представление ее в удобной для последующей работы системы форме выполняется тремя трансляторами. Транслятор для логической модели (**блок 5**) подготавливает информацию для **блока 8** структурного анализа логической схемы ЭС. Этот блок на рисунке 26 выделен отдельно, но он тесно связан с **блоком 12** «логическая модель схемы». Кроме того, информация о структуре ЭС и его элементах может быть использована также для количественных оценок тестопригодности ЭС. Получение такой информации позволяет разработчику проанализировать и при необходимости изменить принципиальную схему тестируемого ЭС.

Наиболее быстрым методом построения тестов функционального контроля является формирование входных последовательностей генератором псевдослучайных чисел алгоритмом случайного поиска. Такие последовательности подаются на вход логической модели, где проверяется их корректность и их тестовая способность к обнаружению дефектов, имеющихся на данном шаге в списке необнаруженных неисправностей (**блоки 11, 12**), после чего формируется тестовый набор.

Тестовый набор заносится в список тестов функционального контроля, а список необнаруженных неисправностей корректируется – исключаются обнаруженные тестовым набором неисправности (**блок 15**). Получение тестов с помощью алгоритма случайного поиска прекращается по любому из критериев, введенных в систему построения тестов – времени работы или числу обнаруженных неисправностей на n -м шаге. В дальнейшем, если в списке неисправностей остались необнаруженные дефекты, через управление системой запускаются алгоритмы построения тестов функционального контроля (**блок 9**, в который из **блока 15** передается список необнаруженных неисправностей). В результате формируется для данной неисправности тестовый набор, передаваемый в **блок 15**.

Для построения тестов параметрического контроля требуется получить специальную информацию из базы данных САПР. Это осуществляется с

помощью специального транслятора (**блок 7**) для программ построения тестов параметрического контроля. Алгоритмы построения тестов параметрического контроля (**блок 10**) тесно связаны с детерминированными алгоритмами, так как в обоих случаях необходимо иметь так называемый «активизированный путь» от входа до выхода схемы. Результатом работы этих алгоритмов являются тесты статического и тесты динамического контроля (**блоки 13 и 14**). Построенные тесты подаются на выходные трансляторы (**блоки 16 и 17**), которые преобразуют их в команды тестеров.

Следует отметить, что для каждого вида контроля необходим тестер со своим набором функций. Общей частью для всех тестеров являются коммутирующее устройство, в которое помещается проверяемое ЭС, и устройство управления.

Динамический контроль, связанный с измерением времени задержек и фронтов, требует применения специальных тестеров. Методы измерения этих параметров отличаются от методов, используемых при статическом контроле. Кроме того, высокие требования предъявляются к коммутирующим устройствам, поэтому тестеры динамического контроля проектируют и производят отдельно от тестеров других видов контроля

Изучаемые вопросы:

1. Определение и роль сертификации.
2. Российская система сертификации РОСС.
3. Основные документы по сертификации, действующие в Российской Федерации.

1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ И РОЛЬ СЕРТИФИКАЦИИ

В условиях насыщенного товарами рынка потребителю недостаточно заверений производителя о качестве производимой продукции. Ему необходимо гарантированное независимой как от производителя, так и самого потребителя третьей стороной подтверждение о соответствии качества заявленным требованиям. Такое подтверждение может быть дано с помощью специальной процедуры – **сертификации**. Кроме того, сертификация может рассматриваться как один из факторов повышения конкурентоспособности продукции.

Сертификация – это деятельность по подтверждению соответствия объекта сертификации установленным требованиям.

Сертификация осуществляется с целью:

- создания условий деятельности предприятий как на внутреннем, так и на международном рынке
- содействия потребителям в компетентном выборе продукции.
- защиты потребителя от недобросовестности производителя.
- контроля безопасности продукции для окружающей среды, жизни, здоровья и имущества человека.

Соответствие объектов сертификации установленным требованиям подтверждается выдачей специального документа – **сертификата соответствия**.

Совокупность процедур, правил, участников и объектов сертификации образуют **систему сертификации**. Для эффективного функционирования системы сертификации и чтобы результаты ее деятельности были признаны в других странах, необходимо выполнение **условий**:

- наличие нормативно-технической документации, содержащей показатели и характеристики объектов, подлежащих сертификации, а также методики проведения сертификации.

- наличие сети независимых как от производителей так и от потребителей испытательных центров, располагающих необходимым оборудованием.

- наличие надзора со стороны государства за деятельностью предприятий-изготовителей и испытательных центров

- высокий уровень организации технологических процессов и их оснащенность современными средствами контроля и диагностики.

- наличие мер юридической ответственности за неправомерное использование несертифицированной продукции

2. РОССИЙСКАЯ СИСТЕМА СЕРТИФИКАЦИИ РОСС

Деятельность по сертификации в РФ регламентируется федеральными законами «О сертификации продукции и услуг» и «О защите прав потребителей». Руководит деятельностью по сертификации государственный комитет РФ по стандартизации, метрологии и сертификации (Госстандарт России). Главная цель РОСС – это содействие отечественным производителям по сохранению и повышению конкурентоспособности на внешнем и

внутреннем рынках. РОСС состоит из систем сертификации однородной продукции. (Например: система сертификации электрооборудования).

Системы сертификации однородной продукции включают в себя:

- центральные органы
- органы по сертификации конкретных видов продукции и услуг
- испытательные органы и центры, которые могут входить в состав органов по сертификации или получить аккредитацию и работать самостоятельно
- органы территориального надзора Госстандарта России

Основной принцип, заложенный в РОСС – это сертификация независимой третьей стороной, которой и является орган по сертификации.

РОСС осуществляет функции:

- сертификация продуктов и услуг,
- сертификация (аттестация) производства,
- сертификация СМК,
- инспекционный контроль за сертифицированной продукцией, производством и СМК,
- аккредитация органов по сертификации и испытательных лабораторий,
- подготовка и аттестация экспертов-аудиторов по сертификации,
- взаимодействие с международными организациями по стандартизации и сертификации,
- ведение Государственного реестра системы по сертификации.

Установлены 2 формы сертификации:

1) **обязательная.** Производится с целью подтверждения соответствий объекта сертификации обязательным требованиям, содержащимся в ГОСТах, других нормативных актах РФ, также в зарубежных и международных стандартах, введенных в действие на территории РФ. С помощью обязательной

сертификации подтверждаются требования по безопасности, совместимости и взаимозаменяемости. Обязательной сертификации подвергается вся импортируемая в страну продукция. Список отечественных товаров, подлежащих обязательной сертификации, утверждается в законодательном порядке. Запрещается рекламировать и продавать продукцию, подлежащую обязательной сертификации и не имеющую сертификата.

2) **добровольная.** Добровольная сертификация проводится по инициативе производителя, продавца или потребителя продукции. Она служит фактором повышения конкурентоспособности. При добровольной сертификации могут подтверждаться любые требования кроме тех, которые подтверждаются с помощью обязательной сертификации.

При добровольной сертификации вид нормативного документа (международный государственный стандарт, тех условия и т.д.), на соответствие которого производится сертификация, определяют совместно орган по сертификации и заявитель. При обязательной сертификации схему сертификации определяет Госстандарт, при добровольной – орган по сертификации и заявитель.

По результатам сертификации может быть выдан один из видов сертификатов:

- сертификат на образец,
- сертификат на товарную партию,
- сертификат на продукцию,
- сертификат на производство.

Продукция, прошедшая сертификацию, маркируется **знаком соответствия.**

При обязательной сертификации маркировка знаком соответствия является обязательной.

Изготовители продукции, подлежащей обязательной сертификации, обязаны:

- реализовывать эту продукцию только при наличии сертификата, выданного полномочным на это органом;
- обеспечивать соответствие продукции тем требованиям, на соответствие которым она была сертифицирована;
- маркировать продукцию знаком соответствия;
- указывать в сопроводительной технической документации информацию о сертификации;
- извещать орган по сертификации об изменении технической документации, конструкции или технологического процесса изготовления изделия.

Наиболее важная информация о сертификации содержится в **Государственном реестре системы сертификации.**

Она содержит сведения о центральных органах по сертификации, региональных органах и аккредитованных испытательных лабораториях, о знаках соответствия, о сертифицированной продукции, аттестованных экспертах и т.д.

3. ОСНОВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ ПО СЕРТИФИКАЦИИ, ДЕЙСТВУЮЩИЕ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Перечень основных документов по сертификации, действующих в Российской Федерации:

- 1) «Правила по проведению сертификации в Российской Федерации»;
- 2) «Номенклатура продукции и услуг, подлежащих обязательной сертификации в Российской Федерации»;
- 3) «Порядок ввоза на территорию Российской Федерации продуктов, подлежащих обязательной сертификации»;

- 4) «Правила применения знака соответствия при обязательной сертификации»;
- 5) ГОСТ Р 40.001-95 «Правила по проведению сертификации систем качества в Российской Федерации»;
- 6) ГОСТ Р 51000.5–96 «Общие требования к органам сертификации продукции и услуг»;
- 7) ГОСТ Р 51000.3-96 «Общие требования к испытательным лабораториям»;
- 8) «Закон о сертификации продукции и услуг»;
- 9) «Закон о защите прав потребителей».

Последовательная реализация основ отечественного законодательства в области сертификации продукции и услуг, активизация деятельности правительственных и неправительственных организаций в этом направлении предопределили формирование в стране организационно-технического механизма проведения сертификации в законодательно-обязательной и добровольной сферах, позволили приступить к осуществлению координации деятельности федеральных органов исполнительной власти в области обязательной сертификации с целью реализации государственной политики.

Основополагающим межотраслевым документом федерального уровня в области сертификации сегодня являются **«Правила по проведению сертификации в Российской Федерации»**. Данные правила применяются при организации работ по обязательной и добровольной сертификации, служат основой для создания систем (правил) сертификации, однородной продукции. Положения данного документа разрабатывались с учетом действующих в международной и европейской практике сертификации и аккредитации нормативных документов, таких как руководства ИСО и МЭК, международные стандарты серий 9000 и 10000, европейские стандарты 45000 и 29000 и другие документы международных и региональных организаций, осуществляющих работы по сертификации. Это позволяет обеспечить признание сертификатов и

знаков соответствия за рубежом. Такое признание в России (соответственно российских за рубежом) осуществляется на основе многосторонних и двусторонних соглашений, участником которых является Российская Федерация.

Обязательная сертификация в стране, как это предусмотрено **Законом РФ «О сертификации продукции и услуг»**, вводится законодательными актами РФ для определенной продукции и проводится уполномоченными на то федеральными органами исполнительной власти.

Первым законодательным актом, вводящим обязательную сертификацию в стране, является **Закон РФ «О защите прав потребителей»**, согласно которому обязательной сертификации подлежат товары (работы, услуги), на которые законами или стандартами установлены требования, обеспечивающие безопасность жизни, здоровья потребителя и охрану окружающей среды, предотвращение причинения вреда имуществу потребителя, а также средства, обеспечивающие безопасность жизни и здоровья потребителя.

Организация и проведение работ по обязательной сертификации возложены на Госстандарт России. На этой основе сформулирована обязательная система сертификации – **Система сертификации ГОСТ РФ**. Применительно к ней сформулирована номенклатура продукции, работ и услуг, подлежащих обязательной сертификации. Привязанная к классификаторам ОКП и Товарной номенклатуре внешнеэкономической деятельности (ТН ВЭД), данная номенклатура однозначно устанавливает необходимые для проведения сертификации государственные стандарты (в том числе принятые в РФ межгосударственные и международные стандарты), санитарные нормы и правила, строительные нормы и правила, нормы по безопасности, а также другие документы, которые в соответствии с законодательством РФ содержат обязательные требования к продукции.

В настоящее время номенклатура постоянно пополняется и периодически пересматривается по мере введения обязательной сертификации в соответствии с законодательными актами. Среди них законы: об оружии; об информации,

информатизации и защите информации; об охране труда; о космической технике; о связи; о пожарной безопасности; о безопасности дорожного движения; о ветеринарии; о санитарно-эпидемиологическом благополучии; о государственном регулировании производства и оборота этилового спирта и алкогольной продукции; о железнодорожном транспорте; об энергоресурсосбережении; о государственном регулировании в области добычи и использовании угля; о государственном регулировании в области генноинженерной деятельности; о погребении и похоронном деле.

В настоящее время предусмотрено, что в целях осуществления государственного регулирования сертификации в стране общий перечень продукции, подлежащей обязательной сертификации, утверждается Правительством Российской Федерации.

Изучаемые вопросы:

1. Основные схемы сертификации ISO.
2. Дополнительные схемы сертификации РОСС.

1. ОСНОВНЫЕ СХЕМЫ СЕРТИФИКАЦИИ ISO

В каждом конкретном случае сертификация проводится по определенной **схеме**.

Схема сертификации – это совокупность действий, официально установленная и применяемая в качестве доказательства соответствия заданным требованиям.

В практике международной сертификации используется восемь схем сертификации. Семь из восьми схем сертификации связаны с сертификацией продукции и две – с сертификацией систем качества. Эти схемы были выделены экспертами ИСО в 1982 г (таблица 11).

Таблица 11 – Схемы сертификации ISO (основные схемы сертификации ISO)

№ схем	Испытания	Проверка производства	Инспекционный контроль сертифицированной продукции
1.	Типовые испытания образцов продукции	-	-
2.	Типовые испытания образцов продукции	-	Испытания образцов, взятых у продавца
3.	Типовые испытания образцов продукции	-	Испытания образцов, взятых у изготовителя
4.	Типовые испытания образцов продукции	-	Периодические испытания образцов, взятые в торговле или у изготовителя.
5.	Типовые испытания образцов продукции	Сертификация производства или сертификация системы качества	Контроль сертифицированной системы качества (производства). Испытания образцов, взятых у продавца или у изготовителя.**
6.	СМК или производство	Сертификация системы качества	Контроль сертифицированной системы качества
7.	Испытания выборок из партии продукции	-	-
8.	Испытания каждого образца	-	-

Таблицу 11 также можно переписать в виде: (Таблица 12)

Таблица 12 – Схемы сертификации ISO (основные схемы сертификации ISO)
(более общий вариант записи)

N схем	Испытания в аккредитованных испытательных лабораториях и другие способы доказательства соответствия	Проверка производства	Инспекционный контроль сертифицированной продукции (системы качества, производства)
1.	Испытания* типа	-	-
2.	Испытания* типа	-	Испытания образцов, взятых у продавца
3.	Испытания* типа	-	Испытания образцов, взятых у изготовителя
4.	Испытания* типа	-	Испытания образцов, взятых у продавца. Испытания образцов, взятых у изготовителя
5.	Испытания* типа	Сертификация производства или сертификация системы качества	Контроль сертифицированной системы качества (производства). Испытания образцов, взятых у продавца или у изготовителя.**
6.	Рассмотрение декларации о соответствии с прилагаемыми документами	Сертификация системы качества	Контроль сертифицированной системы качества
7.	Испытания типа	-	-
8.	Испытания каждого образца	-	-

Примечание:

* – Испытания выпускаемой продукции на основе оценивания одного или нескольких образцов, являющихся ее типовыми представителями.

** – Необходимость и объем испытаний, место отбора образцов определяет орган по сертификации продукции по результатам инспекционного контроля за сертифицированной системой качества (производством). Инспекционный контроль, указанный в таблице, проводят после выдачи сертификата.

Схемы 1 – 8 приняты в зарубежной и международной практике и классифицированы ISO.

Теперь дадим характеристику схем сертификации и рекомендации по их применению.

Схемы сертификации **1-6** применяются при сертификации продукции, серийно выпускаемой изготовителем в течение срока действия сертификата, **схемы 7, 8** – при сертификации уже выпущенной партии или единичного изделия.

Схему 1 применяют при ограниченном, заранее оговоренном объеме реализации продукции, которая будет поставляться (реализовываться) в течение короткого промежутка времени отдельными партиями по мере их серийного производства (для импортной – при краткосрочных контрактах; для отечественной продукции – при ограниченном объеме выпуска). Схема используется для изделий сложной конструкции. Проводятся испытания только типового образца, взятого из партии товара.

Схему 2 применяют для импортной продукции при долгосрочных контрактах или при постоянных поставках серийной продукции по отдельным контрактам с выполнением инспекционного контроля на образцах продукции, отобранных из партий, завезенных в Российскую Федерацию. Схема усложняется проведением инспекционного контроля за сертифицированной продукцией, находящейся в торговле. Испытания проводятся в аккредитованной лаборатории.

Схему 3 применяют для продукции, стабильность серийного производства которой не вызывает сомнения. Предусматривается испытание образца и инспекционный контроль (после выдачи сертификата) путем испытания образца, взятого на складе готовой продукции предприятия-изготовителя пред отправкой потребителю. Испытания проводятся в аккредитованной лаборатории.

Схему 4 применяют при необходимости всестороннего и жесткого инспекционного контроля продукции серийного производства. Испытания типового образца проводятся как в предыдущих схемах, а образцы для контрольных испытаний при инспекционном контроле отбираются как со склада изготовителя, так и у продавца.

Схема 5 – сложная схема, включающая испытания образца, проверку производства (сертификация производства или системы качества) и инспекционный контроль, осуществляемый двумя способами. В первом случае проверяется стабильность условий производства и действие системы качества, во втором – проводится испытание образцов сертифицированной продукции, отобранных у продавцов и изготовителей.

Схему 6 возможно использовать также при сертификации импортируемой продукции поставщика (не изготовителя), имеющего сертификат на свою систему качества, если номенклатура сертифицируемых характеристик и их назначения соответствуют требованиям нормативных документов, применяемых в Российской Федерации.

Условием применения **схемы 6** является наличие у изготовителя системы испытаний включающей контроль всех характеристик на соответствие требованиям, предусмотренным при сертификации такой продукции, что подтверждается выпиской из акта проверки и оценки системы качества.

Схемы 7 и 8 рекомендуется применять тогда, когда производство или реализация данной продукции носит разовый характер (партия, единичные изделия). В **схеме 7** из партии товара отбирается средняя проба (выборка), которая должна пройти испытания в аккредитованной испытательной лаборатории, с последующей выдачей сертификата. Инспекционный контроль не проводится. **Схема 8** включает проведение испытаний каждого изделия.

В схемах сертификации допустимо применение документальных доказательств соответствия, полученных заявителем, вне данной сертификации, что сокращает объем проверок.

В зависимости от вида сертифицируемой продукции к таким документам могут быть отнесены:

- протоколы приемочных или других видов испытаний (в том числе в зарубежных лабораториях);
- санитарно-эпидемиологическое заключение о состоянии производства;
- гигиенический сертификат;
- сертификат пожарной безопасности;
- ветеринарный сертификат;
- сертификат происхождения;
- сертификат или декларация субпоставщиков и др.

Выбор схемы сертификации принципиально можно вести с двух точек зрения – с точки зрения оптимального использования возможностей самих схем и с точки зрения учета конкретных особенностей продукции и ее производства, хранения, транспортировки.

Цель выбора – получить доказательства способности производства обеспечить стабильный выпуск продукции не ниже требуемого качества (заданного показателями характеристик качества). Кроме обеспечения доверия учитывается экономичность его достижения. Различают сертификаты на каждое изделие (единицу продукции), на определенную партию изделий и на весь объем продукции, выпущенный за период действия сертификата.

При выборе схемы сертификации используют логические схемы учета многофакторности выбора [4]. Например: фактор X требует схем сертификации 5, 4, 3; фактор У требует схем сертификации 5, 2; и т.п. Следовательно, схема 5 является предпочтительной при одновременном учете факторов X и У.

В работах по сертификации участвуют:

- заявитель;
- орган по сертификации;
- испытательная лаборатория;

- эксперт.

Заявитель (заказчик, клиент) – лицо или организация, по запросу которых проводится проверка.

Заявитель (сертификации) – организация или лицо, добивающееся получения сертификата соответствия и представившие об этом письменную заявку в орган по сертификации

Орган по сертификации – организация, аккредитованная на право проведения сертификации.

Орган по сертификации продукции в схеме сертификации является основным организатором работ, он:

- сертифицирует продукцию, выдает сертификаты и лицензии на применение знака соответствия;
- осуществляет инспекционный контроль за сертифицированной продукцией;
- приостанавливает либо отменяет действие выданных им сертификатов;
- формирует и актуализирует фонд нормативных документов, необходимых для сертификации;
- представляет заявителю по его требованию необходимую информацию в пределах своей компетенции.

Испытательная лаборатория (испытательный центр) – лаборатория (центр), которая проводит испытания (отдельные виды испытаний), определенной продукции. В случае выполнения одним юридическим лицом функций испытательной лаборатории и органа по сертификации можно использовать термин «сертификационный центр» («Центр по сертификации»).

Испытания – экспериментальное определение количественных и (или) качественных характеристик свойств продукции как результата заданного воздействия на нее при функционировании изделия и (или) при моделировании испытуемого образца и (или) воздействия.

– лицо, аттестованное на право проведения одного или нескольких видов работ в области сертификации.

2. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СХЕМЫ СЕРТИФИКАЦИИ РОСС

Схема сертификации – это совокупность действий, официально установленная и применяемая в качестве доказательства соответствия заданным требованиям.

Как уже отмечалось (в предыдущем пункте), в международной сертификации используется восемь схем сертификации (таблицы 11, 12), которые были выделены экспертами ISO в 1982 году.

Схемы, применяемые при обязательной сертификации, определяются Госстандартом России и другими государственными органами управления в пределах своей компетенции, на которые законодательными актами Российской Федерации возлагаются организация и проведение работ по обязательной сертификации. При этом учитываются особенности производства, испытаний, поставки и использования конкретной продукции, затраты заявителя и требуемый уровень доказательности сертификации; к последнему требованию относится факт использования в отечественной практике сертификации схем, применяемых в зарубежной и международной практике. Схему добровольной сертификации определяет заявитель и предлагает ее органу по сертификации. Рекомендуемые дополнительные схемы в системе ГОСТ Р даны в таблице 13. Они разработаны с учетом рекомендаций ИСО/МЭК и практикой подтверждения соответствия в ЕС.

Таблица 13 – Дополнительные схемы сертификации РОСС

N схем	Испытания в аккредитованных испытательных лабораториях и другие способы доказательства соответствия	Проверка производства	Инспекционный контроль сертифицированной продукции (системы качества, производства)
1а.	Испытания* типа	Анализ состояния производства	-
2а.	Испытания* типа	Анализ состояния производства	Испытания образцов, взятых у продавца. Анализ состояния производства
3а.	Испытания* типа	Анализ состояния производства	Испытания образцов, взятых у изготовителя. Анализ состояния производства
4а.	Испытания* типа	Анализ состояния производства	Испытания образцов, взятых у продавца. Испытания образцов, взятых у изготовителя. Анализ состояния производства
9.	Рассмотрение декларации о соответствии с прилагаемыми документами	-	-
9а.	Рассмотрение декларации о соответствии с прилагаемыми документами	Анализ состояния производства	-
10.	Рассмотрение декларации о соответствии с прилагаемыми документами	-	Испытания образцов, взятых у продавца. Испытания образцов, взятых у изготовителя
10а.	Рассмотрение декларации о соответствии с прилагаемыми документами	Анализ состояния производства	Испытания образцов, взятых у продавца. Испытания образцов, взятых у изготовителя. Анализ производства

Примечание:

* – Испытания выпускаемой продукции на основе оценивания одного или нескольких образцов, являющихся ее типовыми представителями.

** – Необходимость и объем испытаний, место отбора образцов определяет орган по сертификации продукции по результатам инспекционного контроля за сертифицированной системой качества (производством). Инспекционный контроль, указанный в таблице, проводят после выдачи сертификата.

Схемы 1а, 2а, 3а и 4а – дополнительно являются модификацией соответственно схем 1, 2, 3 и 4.

Схемы 9 – 10а основаны на использовании декларации о соответствии поставщика, принятом в ЕС в качестве элемента подтверждения соответствия продукции установленным требованиям.

Теперь дадим характеристику схем сертификации и рекомендации по их применению.

Схемы сертификации 9а-10а применяются при сертификации продукции, серийно выпускаемой изготовителем в течение срока действия сертификата, схемы 9 – при сертификации уже выпущенной партии или единичного изделия.

Схема 1а по сравнению со **схемой 1** дополняется анализом производства.

Схема 2а по сравнению со **схемой 2** включает дополнение с предыдущей схеме- анализ производства до выдачи сертификата.

Схема 3а по сравнению со **схемой 3** предусматривает испытание типа и анализ состояния производства до выдачи сертификата, а также инспекционный контроль в такой же форме, как по схеме 3.

Схема 4а по сравнению со **схемой 4** включает анализ состояния производства до выдачи сертификата соответствия на продукцию.

Помимо указанных схем сертификации, может применяться схема, основанная на заявлении-декларации изготовителя.

Схемы 9 – 10а введены относительно недавно. Они основаны на использовании в качестве доказательства соответствия установленным

требованиям – декларации о соответствии с прилагаемыми к ним документами, подтверждающими соответствие продукции установленным требованиям. Эти схемы подходят для сертификации малого предпринимательства (малых предприятий и индивидуальных предпринимателей), а также для сертификации неповторяющихся партий небольшого объема отечественной и зарубежной продукции.

Условием применения схем сертификации **9 –10а** является наличие у заявителя всех необходимых документов, прямо или косвенно подтверждающих соответствие продукции заявленным требованиям. Если указанное условие не выполнено, то орган по сертификации предлагает заявителю сертифицировать данную продукцию по другим схемам сертификации с возможным учетом отдельных доказательств соответствия из представленных документов.

Схему 9 применяют при сертификации:

- единичной партии небольшого объема импортной продукции, выпускаемой фирмой, зарекомендовавшей себя на мировом или российском рынках как производителя продукции высокого уровня качества;
- единичного изделия (из комплекта изделий) целевого назначения для оснащения отечественных производственных или иных объектов, если по представленной технической документации можно судить о безопасности изделий;

Схему 9а применяют при сертификации продукции отечественных производителей, в том числе индивидуальных предпринимателей, зарегистрировавших свою деятельность в установленном порядке, при нерегулярном выпуске этой продукции по мере ее спроса на рынке и нецелесообразности поведения инспекционного контроля.

Схемы 10 и 10а применяют при продолжительном производстве отечественной продукции в небольших объемах выпуска.

Схемы 1а, 2а, 3а, 4а, 9а и 10а рекомендуется применять вместо соответствующих схем 1, 2, 3, 4, 9 и 10, если у органа по сертификации нет информации о стабильности характеристик производства данной продукции, подтвержденных испытаниями.

Схемы сертификации с использованием декларации о соответствии при добровольной сертификации не применяют.

В схемах сертификации допустимо применение документальных доказательств соответствия, полученных заявителем, вне данной сертификации, что сокращает объем проверок. В зависимости от вида сертифицируемой продукции к таким документам могут быть отнесены:

- протоколы приемочных или других видов испытаний (в том числе в зарубежных лабораториях);
- санитарно-эпидемиологическое заключение о состоянии производства;
- гигиенический сертификат;
- сертификат пожарной безопасности;
- ветеринарный сертификат;
- сертификат происхождения;
- сертификат или декларация субпоставщиков и др.

Выбор схемы сертификации принципиально можно вести с двух точек зрения – с точки зрения оптимального использования возможностей самих схем и с точки зрения учета конкретных особенностей продукции и ее производства, хранения, транспортировки.

Цель выбора – получить доказательства способности производства обеспечить стабильный выпуск продукции не ниже требуемого качества (заданного показателями характеристик качества). Кроме обеспечения доверия учитывается экономичность его достижения. Различают сертификаты на каждое изделие (единицу продукции), на определенную партию изделий и на весь объем продукции, выпущенный за период действия сертификата.

Все рекомендуемые схемы сертификации в системе ГОСТ Р сведены в таблицу 14.

Таблица 14 – Все схемы сертификации, применяемые в РФ

№ схем	Испытания в аккредитованных испытательных лабораториях и другие способы доказательства соответствия	Проверка производства	Инспекционный контроль сертифицированной продукции (системы качества, производства)
1	2	3	4
1.	Испытания* типа	-	-
1а.	Испытания* типа	Анализ состояния производства	-
2.	Испытания* типа	-	Испытания образцов, взятых у продавца
2а.	Испытания* типа	Анализ состояния производства	Испытания образцов, взятых у продавца. Анализ состояния производства
3.	Испытания* типа	-	Испытания образцов, взятых у изготовителя
3а.	Испытания* типа	Анализ состояния производства	Испытания образцов, взятых у изготовителя. Анализ состояния производства
4.	Испытания* типа	-	Испытания образцов, взятых у продавца. Испытания образцов, взятых у изготовителя
4а.	Испытания* типа	Анализ состояния производства	Испытания образцов, взятых у продавца. Испытания образцов, взятых у изготовителя. Анализ состояния производства
5.	Испытания* типа	Сертификация производства или сертификация системы качества	Контроль сертифицированной системы качества (производства). Испытания образцов, взятых у продавца или у изготовителя.**
6.	Рассмотрение декларации о соответствии с прилагаемыми документами	Сертификация системы качества	Контроль сертифицированной системы качества
7.	Испытания типа	-	-
8.	Испытания каждого образца	-	-

Продолжение таблицы 14

1	2	3	4
9.	Рассмотрение декларации о соответствии с прилагаемыми документами	-	-
9а.	Рассмотрение декларации о соответствии с прилагаемыми документами	Анализ состояния производства	-
10.	Рассмотрение декларации о соответствии с прилагаемыми документами	-	Испытания образцов, взятых у продавца. Испытания образцов, взятых у изготовителя
10а.	Рассмотрение декларации о соответствии с прилагаемыми документами	Анализ состояния производства	Испытания образцов, взятых у продавца. Испытания образцов, взятых у изготовителя. Анализ производства

Примечание:

* – Испытания выпускаемой продукции на основе оценивания одного или нескольких образцов, являющихся ее типовыми представителями.

** – Необходимость и объем испытаний, место отбора образцов определяет орган по сертификации продукции по результатам инспекционного контроля за сертифицированной системой качества (производством). Инспекционный контроль, указанный в таблице, проводят после выдачи сертификата.

Изучаемые вопросы:

1. Сертификация систем менеджмента качества и производств.
2. Нормативно-методические основы и этапы процесса сертификации систем менеджмента качества и производств.

1. СЕРТИФИКАЦИЯ СИСТЕМ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА И ПРОИЗВОДСТВ

1.1 Сертификация систем менеджмента качества

Под **сертификацией систем менеджмента качества** понимается действие третьей (независимой) стороны, доказывающее, что обеспечивается необходимая уверенность в том, что должным образом идентифицированная система качества соответствует выбранной модели (ГОСТ Р ИСО 9001) или иным нормативным документам, определенным заявителем.

В процессе проведения сертификации системы менеджмента качества можно выделить два этапа:

- предварительная проверка и оценка системы качества;
- окончательная проверка, оценка и выдача сертификата соответствия системы качества предприятия соответствующего стандарта.

Каждый из указанных этапов содержит определенный состав работ (таблица 15).

Таблица 15 – Этапы оценки системы менеджмента качества

Состав работ	Исполнитель
1. Этап предварительной проверки и оценки системы качества	
1.1. Подготовка системы качества и ее документации к сертификации	Предприятие
1.2. Заявка на проведение сертификации системы качества	Предприятие
1.3. Предварительная проверка и оценка системы качества	Орган по сертификации
1.4. Заключение договора на проведение сертификации системы качества	Предприятие, орган по сертификации
2. Этап окончательной проверки и оценки системы качества	
2.1. Подготовки системы качества к окончательной проверке	Предприятие
2.2. Разработка программы проведения окончательной проверки системы качества	Орган по сертификации
2.3. Проведение предварительного совещания по организации на предприятии проверки системы качества	Предприятие, орган по сертификации
2.4. Проведение проверки системы качества	Орган по сертификации, предприятие
2.5. Подготовка предварительных выводов по результатам проверки для заключительного совещания	Орган по сертификации
2.6. Проведение заключительного совещания	Орган по сертификации, предприятие
2.7. Составление и рассылка отчета о проведении на предприятии проверки системы качества	Орган по сертификации
2.8. Оформление, регистрация и выдача (при положительном решении) сертификата системы качества	Орган по сертификации

Предприятиям, претендующим на сертификацию системы качества, в орган по сертификации вместе с заявкой и сопроводительным письмом следует направлять: анкету-вопросник для проведения предварительной проверки системы качества; общее руководство по качеству (или основной СТП системы качества), информационные данные о качестве продукции (сведения о рекламациях, потерях от брака, результатах ранее проведенной на предприятии сертификации, испытаниях продукции и т.п.); декларацию о соответствии

системы качества; счет оплаты за проведение первого этапа проверки системы качества. По просьбе органа по сертификации могут быть представлены также другие сведения и данные о предприятии и системе качества.

По результатам **первого этапа** орган по сертификации составляет заключение, в котором указывается готовность предприятия и целесообразность проведения второго этапа работ по сертификации системы качества либо раскрываются причины нецелесообразности или невозможности проведения работ по второму этапу. При положительном заключении при подписании договора устанавливаются сроки проведения работ по **второму этапу** – окончательной проверке и оценке системы качества. Если при проведении работ второго этапа органом по сертификации обнаруживается несоответствие системы качества требованиям соответствующего стандарта, то совместно с предприятием определяется срок ее доработки и устанавливается ориентировочный срок повторной проверки. При положительном решении сертификат выдается на определенный срок (обычно этот срок ограничивается тремя годами).

1.2 Сертификация производства

Под **сертификацией производства** понимается действие третьей стороны, доказывающее, что обеспечивается необходимая уверенность в том, что должным образом идентифицированное производство и его условия обеспечивают стабильность конкретных характеристик производимых продукции, услуг или работ, определенных нормативными документами.

Сертификацию производства можно считать либо самостоятельной процедурой, либо составной частью сертификации системы обеспечения качества, так же как и схемы сертификации продукции. Обобщенным критерием оценки соответствия производства служит способность стабильно обеспечивать соответствие готовой продукции нормативному документу,

устанавливаемому требования к ней. **Процедура сертификации производства** осуществляется по правилам, установленным Госстандартом, которые, в частности, предусматривают составление методики сертификации производства для каждого предприятия.

Методика содержит: однозначные требования; обоснованные методы оценки; воспроизводимость результатов; доступность методов проверок.

При сертификации производства оцениваются четыре блока объектов:

- готовая продукция (оценка ее качества в сфере реализации и потребления и анализ причин обнаруженных дефектов);
- технологическая система (технологические процессы, состояние погрузочно-разгрузочных работ, хранение, установка);
- техническое обслуживание и ремонт (техническое обслуживание и ремонт оборудования, эксплуатация и ремонт оснастки, поверка контрольно-измерительных приборов);
- система технического контроля и испытаний (входной контроль, операционный контроль, приемочный контроль; типовые, квалификационные и периодические испытания).

Процесс подготовки к сертификации производства, как показывает российская практика, положительно сказывается на деятельности предприятия. Например, повышается технологическая дисциплина; значительно усиливается связь с потребителями; разрабатываются количественные и качественные критерии стабильности производства; четко выявляются те звенья технологического процесса, которые непосредственно влияют на характеристики продукции, подлежащие обязательной сертификации, и др.

Основные этапы сертификации производства приведены в таблице 16.

Таблица 16 – Основные этапы сертификации производства

Номер этапа	Наименование этапа	Краткое содержание	Исполнитель
1	Представление заявки на сертификацию производства	Подготовка исходных материалов и оформление заявки	Предприятие-заявитель
2	Предварительная оценка	Экспертиза исходных материалов, сбор и анализ информации о качестве реализуемой продукции, оценка целесообразности проведения последующих этапов	Орган, проводящий сертификацию производства
3	Составление методики сертификации производства	Регламентация объектов и процедур проверки производства и правил принятия решения (или оценка существующей методики)	Проводящий сертификацию орган
4	Проверка производства	Формирование группы (комиссии) экспертов, проверка производства в соответствии с методикой сертификации, составление акта и отчета о результатах проверки	Проводящий сертификацию орган
5	Оформление сертификата соответствия на производство	Оформление сертификата соответствия на производство, внесение его в Государственный реестр, выдача сертификата предприятию	Проводящий сертификацию орган
6	Инспекционный контроль за сертифицированным производством	Выполнение процедур проверки стабильности качества изготовления продукции в соответствии с методикой сертификации	Проводящий сертификацию орган

1.3 Аккредитация

Развитие деятельности по сертификации в промышленной сфере отечественной экономики создало предпосылки и обусловило необходимость создания свода правил по **аккредитации** различных объектов (органов по сертификации, испытательных и измерительных лабораторий). В этих целях был сформирован комплекс требований, применяемых в РФ к системам аккредитации объектов, осуществляющих оценку соответствия, включая испытания, измерения и сертификацию в обязательной (законодательно регулируемой) и добровольной сферах. В настоящее время Российская система аккредитации (РОСА) регламентирована комплексом государственных стандартов. В этих стандартах реализованы положения законов РФ "О защите прав потребителей", "О сертификации продукции и услуг", "Об обеспечении единства измерений" в части аккредитации испытательных и измерительных лабораторий, органов по сертификации, а также руководств ИСО/МЭК 55, ИСО/МЭК 38, ИСО/МЭК 40, европейских стандартов Е серии 45000 и работ Международной конференции по аккредитации испытательных лабораторий (ИЛАК).

Объектами аккредитации в рамках этой системы определены(ГОСТ 51000.1-95):

- лаборатории, осуществляющие испытания, измерения, калибровку;
- органы по сертификации продукции, услуг, производств и систем качества;
- метрологические службы юридических лиц, осуществляющие поверку средств измерений;
- организации, осуществляющие специальную подготовку экспертов в этих областях деятельности.

Аккредитацию организаций, осуществляющих деятельность в обязательной сфере, организуют и проводят Госстандарт России и другие федеральные органы исполнительной власти (в случаях, определенных

законодательством). Организация работ по аккредитации объектов приведена на рис. Вполне естественно, что организации-заявители аккредитуются в определенной области. Их аккредитация осуществляется применительно, к конкретным видам продукции, услуг, работ. При этом однозначно устанавливаются проверяемые параметры и методы исследований (контроля, проверок), соответствующие им стандарты и другие нормативные документы.

Работа по аккредитации включает следующие шесть основных этапов:

1. Представление заявки на аккредитацию и ее предварительное рассмотрение.
2. Экспертизу документов по аккредитации;
3. Аттестацию заявителя;
4. Анализ всех материалов по результатам экспертизы и аккредитации;
5. Принятие решения об аккредитации или об отказе в аккредитации, и, соответственно, оформление, регистрацию и выдачу аттестата аккредитации.
6. Последующего инспекционного контроля аккредитованной организации.

Общие требования проведения к испытательным лабораториям определены ГОСТ Р 51000.3-96, который гармонизирован с EN 45001. Стандарт определяет требования к юридическому статусу лаборатории в соответствии с действующим законодательством, устанавливает условия ее беспристрастности, независимости и неприкосновенности. Требования по технической компетенции дифференцированы по таким элементам, как требования к управлению организацией, персоналу, помещениям и оборудованию, помещениям и окружающей среде, рабочим процедурам методам испытаний, систем качества систем регистрации результатов, обращению с образцами, конфиденциальности и безопасности, субподрядным работам, а также требования по взаимодействию с заказчиком и аккредитующим органом.



Рисунок 27 – Организация работ по аккредитации объектов

Порядок аккредитации испытательных лабораторий, включая проверочные и калибровочные, определен ГОСТ Р 51000-96, который гармонизирован с EN 45002. Аккредитация лаборатории производится по критериям ГОСТ Р 51000.3-96. Этапы аккредитации соответствуют общепринятым этапам по ГОСТ Р 51000.1-95. Каждый последующий этап проводится при положительном результате предыдущего.

Аналогичным образом взаимосвязаны стандарты ГОСТ Р 51000.5-96 и ГОСТ Р 51000.6-96. Первый устанавливает требования (критерии) к органам по сертификации продукции и услуг, а второй – к порядку их аккредитации по критериям первого. ГОСТ Р 51000.5-96 гармонизирован с EN 45011. Основные формы и содержание документов, представляемых на аккредитацию органа по сертификации, приведены в приложении.

2. НОРМАТИВНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И ЭТАПЫ ПРОЦЕССА СЕРТИФИКАЦИИ СИСТЕМ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА И ПРОИЗВОДСТВ

Для оценки надежности поставщика в мировой практике применяется не только сертификация продукции, но и **сертификация систем менеджмента качества, и сертификация производства**. Сертификация СМК и производства создает уверенность в том, что поставщик способен стабильно обеспечивать заявленное им качество в реальных условиях своего производства и что качество товара не ухудшится в течение срока действия сертификата.

Считается, что сертификат соответствия на систему менеджмента качества и производство дает производителю ряд преимуществ:

- 1) он служит дополнительным аргументом при заключении контракта;
- 2) банки охотнее предоставляют кредиты;
- 3) страховые компании страхуют от ущерба за выпуск некачественной продукции на более выгодных условиях;
- 4) при возникновении судебных исков предприятию-производителю по поводу ущерба за поставку некачественной продукции сертификат на СМК рассматривается судом как дополнительный аргумент невиновности производителя;
- 5) Сертификация СМК положительно сказывается на эффективности работы предприятия (совершенствуются и упорядочиваются внутренняя структура управления, приводится в порядок документация, распределяется ответственность, повышается уровень технологической дисциплины).

Комплексное и эффективное управление качеством предполагает в дополнение к рассмотренным системам сертификации продукции, работ и услуг также сертификацию систем менеджмента качества и производств. При этом под системой менеджмента качества понимается совокупность

организационной структуры, методик, процессов и ресурсов, необходимых для осуществления общего руководства качеством.

В последние годы в мире стремительно растет число компаний, сертифицировавших свои системы качества (СК) на соответствие стандартам ИСО серии 9000. В настоящее время эти стандарты применяют более 80 стран. По данным Регистра Ллойда, предприятия с сертифицированной СК работают в 2-3 раза эффективнее по сравнению с остальными.

Тенденция стремительного роста сертификации СК связана как с внешними причинами (требование заказчика, повышение конкурентоспособности), так и с внутренними.

К важным **внешним причинам** следует отнести тот факт, что многие зарубежные органы и системы сертификации включают сертификацию СК в процедуры сертификации продукции. Так, в ЕС семь из одиннадцати действующих директив, устанавливающих обязательную сертификацию продукции, предусматривают сертификацию СК как условие получения знака соответствия – СС. Сертификация систем качества позволяет увеличить цену на продукцию в среднем 1,5-2 раза. Предприятия, имеющие сертифицированную СК, могут претендовать на льготные условия кредитования и страхования (при страховании ущерба за некачественную продукцию). Благодаря сертификации СК предприятия побеждают в международных тендерах. При возникновении судебных исков, связанных с браком продукции, сертификат на СК расценивается судом как доказательство невиновности. Правительства ряда стран при решении ряда вопроса о размещении госзаказа отдают предпочтение предприятиям с сертифицированной СК.

Поэтому важной задачей федеральных органов исполнительной власти России является поддержка субъектов хозяйственной деятельности, внедривших СК.

Существует ряд **внутренних причин**, побуждающих предприятия к сертификации СК: более полное удовлетворение требований потребителей; сокращение издержек производства; сокращение числа проверок со стороны

потребителей и надзорных органов; улучшение культуры производства; повышение ответственности за качество.

Ряд предприятий страны имеют одновременно на СК как национальный сертификат, так и сертификат одной из международных сертификационных фирм – «Бюро Веритас», «Регистр Ллойда», «Дет Норске Веритас», «Тюф Серт» и др.

Перечень элементов системы менеджмента качества (в скобках приведены пункты ГОСТ Р ИСО 9001)

1. Применение (1.2)
2. Система менеджмента качества. Общие требования (4.1)
3. Документация системы менеджмента качества (4.2.1)
4. Руководство по качеству (4.2.2)
5. Управление документацией (4.2.3)
6. Управление записями (4.2.4)
7. Обязательства руководства (5.1)
8. Ориентация на потребителя (5.2)
9. Политика в области качества (5.3)
10. Цели в области качества (5.4.1)
11. Планирование создания и развития системы менеджмента качества (5.4.2)
12. Ответственность и полномочия (5.5.1)
13. Представитель руководства (5.5.2)
14. Внутренний обмен информацией (5.5.3)
15. Анализ со стороны руководства (5.6.1)
16. Входные данные для анализа (со стороны руководства) (5.6.2)
17. Выходные данные для анализа (со стороны руководства) (5.6.3)
18. Обеспечение ресурсами (6.1)
19. Человеческие ресурсы (6.2.1)
20. Компетентность, осведомленность и подготовка (персонала) (6.2.2)

21. Инфраструктура (6.3)
22. Производственная среда (6.4)
23. Планирование процессов жизненного цикла продукции (7.1)
24. Определение требований, относящихся к продукции (7.2.1)
25. Анализ требований, относящихся к продукции (7.2.2)
26. Связь с потребителем (7.2.3)
27. Планирование проектирования и разработки (7.3.1)
28. Входные данные для проектирования и разработки (7.3.2)
29. Выходные данные для проектирования и разработки (7.3.3)
30. Анализ проекта и разработки (7.3.4.)
31. Верификация проекта и разработки (7.3.5)
32. Валидация проекта и разработки (7.3.6)
33. Управление изменениями проекта и разработки (7.3.7)
34. Процесс закупок (7.4.1)
35. Информация по закупкам (7.4.2)
36. Верификация закупленной продукции (7.4.3)
37. Управление производством и обслуживанием (7.5.1)
38. Валидация процессов производства и обслуживания (7.5.2)
39. Идентификация и прослеживаемость (7.5.3)
40. Собственность потребителей (7.5.4)
41. Сохранение соответствия продукции (7.5.5)
42. Управление устройствами для мониторинга и измерений (7.6)
43. Измерение, анализ и улучшение (8.1)
44. Удовлетворенность потребителей (8.2.1)
45. Внутренние аудиты (проверки) (8.2.2)
46. Мониторинг и измерение процессов (8.2.3)
47. Мониторинг и измерение продукции (8.2.4)
48. Управление несоответствующей продукцией (8.3)
49. Анализ данных (8.4)
50. Постоянное улучшение (8.5.1)

51. Корректирующие действия (8.5.2)

52. Предупреждающие действия (8.5.3)

Сертификация СМК осуществляется на ее соответствие требованиям, изложенным в стандартах ISO 9001, 9002, 9003 и аналогичных российских.

Сертификация СМК и производств осуществляется в рамках:

- 1) обязательной сертификации, если это предусмотрено требуемой схемой сертификации;
- 2) добровольной сертификации, если это продиктовано интересами заявителя.

Этапы процесса сертификации СМК и производств приведены в таблицах 15 и 16 предыдущего вопроса соответственно.

Нормативно-методической основой сертификации СМК и производств являются следующие документы:

- 1) ГОСТ Р 40.001-95 «Правила по проведению сертификации систем качества в Российской Федерации»;
- 2) ГОСТ Р 40.002-2000 «Система сертификации ГОСТ Р. Регистр систем качества. Основные положения»;
- 3) ГОСТ Р 40.003-2005 «Система сертификации ГОСТ Р. Регистр систем качества. Порядок сертификации систем менеджмента качества на соответствие ГОСТ Р ИСО 9001-2001 (ИСО 9001:2000)»;
- 4) ГОСТ Р 40.003-2008 «Система сертификации ГОСТ Р. Регистр систем качества. Порядок сертификации систем менеджмента качества на соответствие ГОСТ Р ИСО 9001-2008 (ИСО 9001:2008)»;
- 5) ГОСТ Р 40.004-96 «Система сертификации ГОСТ Р. Регистр систем качества. Порядок проведения сертификации производств».

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Управление качеством: учеб. пособие для вузов [Текст] / Ю.Т. Шестопал; В.Д. Дорофеев; Н.Ю. Шестопал; Э.А. Андреева. – М.: Инфра-М, 2011. – 329 с.
2. Артемова, Е.Н. Управление качеством: учеб. пособие для вузов [Текст] / Е.Н. Артемова; Н.Н. Ширшова. – Орел: Изд-во ОрелГТУ, 2007. – 101 с.
3. Муромцев, Д.Ю. Управление качеством электронных средств. Часть 1: учебное пособие [Текст] / Д.Ю. Муромцев, И.В. Тюрин. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2005. – 80 с.
4. Муромцев, Д.Ю. Управление качеством электронных средств. Часть 2: учебное пособие [Текст] / Д.Ю. Муромцев, И.В. Тюрин. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2007. – 96 с.
5. Управление качеством электронных средств: методические указания по выполнению лабораторных работ/ сост.: Д.Ю. Муромцев, И.В. Тюрин, О.А. Белоусов. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2007. – 52 с.
6. Мазур, И.И. Управление качеством: учеб. пособие для вузов по спец. "Управление качеством" [Текст] / И.И. Мазур; В.Д. Шапиро. – М.: Омега-Л, 2010. – 399 с.
7. Управление качеством: учеб. пособие для вузов [Текст] / М.Г. Миронов. – М.: Проспект, 2006. – 286 с.
8. Прасов, М.Т. Эксплуатационная надежность электронных средств: учеб. пособие для вузов [Текст] / М.Т. Прасов; Ю.С. Степанов. – Орел: Изд-во ФГБОУ ВПО "Госунiversитет - УНПК", 2011. – 237 с.
9. Басовский, Л.Е. Управление качеством [Текст] / Л.Е. Басовский, В.Б. Протасьев. – М.: ИНФРА-М, 2001 – 212 с.
10. Шолоник, А.П. Методические указания по проведению лабораторных работ по дисциплине «Управление качеством электронных

средств» / А.П. Шолоник (Электронный набор/ Word for Windows). – Орел: Изд-во ОрелГТУ, 2009

11. Управление качеством. В 2 т. Т. 1: учеб. пособие для вузов [Текст] / С.А. Гладышев; Э.А. Карпов; О.В. Масалытина; В.П. Соловьев; В.П. Борискин. – Старый Оскол: ТНТ (Тонкие наукоемкие технологии), 2011. – 422 с.

12. Управление качеством. В 2 т. Т. 2: учеб. пособие для вузов [Текст] / С.А. Гладышев; Э.А. Карпов; О.В. Масалытина; В.П. Соловьев; В.П. Борискин. – Старый Оскол: ТНТ (Тонкие наукоемкие технологии), 2011. – 482, [1] с.

13. Бузов, Б.А. Управление качеством продукции. Технический регламент, стандартизация и сертификация: учеб. пособие для вузов [Текст] / Б.А. Бузов. – М.: Академия (Academia), 2008. – 172 с. (Высшее профессиональное образование)

14. Драчев, О.И. Статистические методы управления качеством: учеб. пособие для вузов [Текст] / О.И. Драчев; А.А. Жилин. – Старый Оскол: ТНТ (Тонкие наукоемкие технологии), 2011. – 143 с.

15. Управление качеством: Учебник для вузов [Текст] / под ред. С.Д. Ильенковой. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. – 334 с.

16. Шубенкова, Е.В. Тотальное управление качеством: учеб. пособие для вузов [Текст] / Е.В. Шубенкова. – М.: Экзамен, 2005. – 252, [2] с.

17. Всеобщее управление качеством. Total Quality Management (TQM): учебник для вузов [Текст] / О.П. Глудкин; Н.М. Горбунов; А.И. Гуров; Ю.В. Зорин. – М.: Радио и связь, 1999. – 599 с.

18. Лифиц, И.М. Стандартизация, метрология и сертификация: учеб. для вузов [Текст] / И.М. Лифиц. – М.: Юрайт, 2004. – 330 с.

19. Ефимов, В. В. Средства и методы управления качеством: учеб. пособие для вузов [Текст] / В.В. Ефимов. – М.: КноРус, 2007. – 224 с.

20. Дрейзин, В.Э. Управление качеством электронных средств: Учебное пособие для студентов [Текст] / В.Э. Дрейзин, А.В. Кочура. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. – 334 с.

21. Атамалян, Э.Г. Приборы и методы измерения электрических величин: учеб. пособие для вузов [Текст] / Э.Г. Атамалян. – М.: Дрофа, 2005. – 415 с.: ил.
22. Басовский, Л.Е. Управление качеством [Электронный ресурс]: [электрон.] учебник / Л.Е. Басовский; В.Б. Протасьев. – М.: Инфра-М; М.: Термика, 2004. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Систем. требования: MS Windows 95 и выше. – Загл. с контейнера. – 5-16-000448-3
23. Стандартизация. Сертификация. Управление качеством. Метрология [Электронный ресурс]: обучающая программа. – Электрон. дан. и прогр. – Саратов: Диполь, 2006. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Систем. требования: Pentium не ниже 266 MHz; 64 Mb оперативн. памяти; 16-х CD-ROM; разреш. экр. 800x600 High Color или True Color; MS Windows 9x/ME/NT 4.0/2000/XP. – Загл. с этикетки диска.
24. ГОСТ 15467-79. Управление качеством продукции. Основные понятия, термины и определения [Текст].
25. ГОСТ 18242-72. Статистический приемочный контроль по альтернативному признаку. Планы контроля [Текст].
26. ГОСТ 16504-81. Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения [Текст].
27. ГОСТ Р 50779.42-99. Статистические методы. Контрольные карты Шухарта [Текст].
28. ГОСТ Р 50779.11-2000. Статистические методы. Статистическое управление качеством. Термины и определения [Текст].
29. ГОСТ Р 50779.30-95 Статистические методы. Приемочный контроль качества. Общие требования [Текст].